3 1761 07550725 1

A. MARCUSE

ORTSBESTIMMUNG IM BALLON

PASC

OF
TORONTO
LIBRARY

Astron

ASTRONOMISCHE ORTSBESTIMMUNG IM BALLON

MIT 10 TAFELN, 3 KARTEN UND
3 TEXTBILDERN

VON

PROF. DR. ADOLF MARCUSE

10 3065
5/7/10

BERLIN

DRUCK UND VERLAG VON GEORG REIMER

1909

Vorwort.

Das Problem der aeronautischen Ortsbestimmung in seinen Grundzügen und zugleich mit Berücksichtigung seiner historischen Entwicklung ist in meinem Handbuche der geographischen Ortsbestimmung (Braunschweig 1905) und in meinem Aufsatz „Aeronautische Mitteilungen“ (1907 Heft 1) geschildert worden. Inzwischen hat durch den großen Aufschwung der Luftschiffahrt die astronomische Ermittlung des Ballonortes erhöhte Bedeutung erlangt; die astronomische Navigation in der Luft ist sogar zu einer der wichtigsten Fragen geworden, ähnlich wie die Kunst der richtigen Navigierung für die moderne Schiffahrt.

Es galt daher, die seit sechs Jahren von mir angeregten und vor etwas über drei Jahren von Herrn Dr. Alfred Wegener weitergeführten Vorschläge zur astronomischen Orientierung im Ballon nunmehr auch für den praktischen Luftschiffer brauchbar, umfassend und doch möglichst einfach auszugestalten. Zu den hierfür notwendigen Tag- und Nachtfahrten hat mit Genehmigung des Kriegsministeriums der Kommandeur des Kgl. Preuß. Luftschiffer-Bataillons Herr Major Groß die Militärballoons in entgegenkommendster Weise mir zur Verfügung gestellt. Außerdem leistete der Offizier in demselben Bataillon Herr Oberleutnant Geerditz nicht nur als Ballonführer sondern auch als Mitarbeiter bei der praktischen Durchführung von Ortsbestimmungen im Ballon wesentliche Hülfe.

Wenn es nunmehr, wie ich hoffe, gelungen sein sollte, die astronomische Ortsbestimmung im Ballon für den praktischen Luftschiffer während der Fahrt in der Gondel brauchbar zu gestalten, so wäre der Zweck der vorliegenden Anleitung erfüllt.

Berlin-Gr.-Lichterfelde im Oktober 1908.

Der Verfasser.

Inhaltsangabe.

	Seite
Vorwort	2
I. Allgemeine Betrachtungen	5
II. Ausrüstung zur Ortsbestimmung im Ballon	8
Libellenquadrant	8
Uhr	11
Peilkompaß	13
Rechnerische Hilfsmittel	16
III. Methoden zur Ortsbestimmung im Ballon	20
IV. Formeln, Schemata und Beispiele der Ortsbestimmung im Ballon	27
A. Ortsbestimmung bei Nacht	28
1) φ Breite aus Polarsternhöhe	28
2) φ Breite aus Sternhöhe nahe Meridian	29
Stern im Meridian: Breite und Länge	30
3) φ Breite aus Sternhöhe weiter ab vom Meridian	31
1) λ Länge aus Gestirns Höhe nahe l. Vertikal	34
2) λ Spezielle Fälle der Länge: Stern im Meridian und Polarstern	37
B. Ortsbestimmung bei Tage	38
1) φ Breite aus Sonnenhöhen	39
Spezialfälle von 1) φ : Sonne dicht am Meridian	40
Sonne weiter ab vom Meridian	41
Mond am Tage	43
2) φ Breite aus Sonnenazimuten nahe l. Vertikal	44
1) λ Länge aus Sonnenhöhen nahe l. Vertikal	46
2) λ Länge aus Sonnenazimuten nahe Meridian	47
Sonne im Meridian	50
V. Tafeln und Karten zur Ortsbestimmung im Ballon	51
Erläuterungen zu den 10 Tafeln und 3 Karten	52
Tafel 1 Verwandlung von Bogen in Zeit und umgekehrt	58
" 2 Verwandlung von Sternzeit in mittlere Zeit und umgekehrt	58
" 3 Höhenkorrektur für Refraktion und Parallaxe	58
" 4 Breite aus Polarishöhe	59
" 5 Azimut von Polaris	59
" 6 Azimut von Gestirnen bis 49° Deklination	60
" 7 Breite aus Gestirns Höhen nahe Meridian	61
" 8 Stundenwinkel aus φ , δ und h nahe l. Vertikal	62
" 9 und 9a Merkatorfunktionen nebst Grenzwinkel-Werthe	65
" 10 Liste heller Fixsterne mit Kulminationsdaten	67

- Karte I Sternkarte des nördlichen Himmels besonders zur Orientierung im Ballon.
 „ II Isogonen oder Linien gleicher magnetischer Deklination für Deutschland 1909.
 „ III Isogonen oder Linien gleicher magnetischer Deklination für Europa 1909.
-

Außerdem drei Textbilder:

	Seite
Libellenquadrant	9
Peilkompaß im Ballon	14
Magnetisches und astronomisches Azimut	44

I. Allgemeine Betrachtungen.

Während bei der Seeschifffahrt die fortlaufende astronomische Ortsbestimmung des Fahrzeugs und die dauernde astronomische Kontrolle des Kompasses von jeher zu den wichtigsten Aufgaben der Schiffsführung gerechnet wurden, galt in der allerdings viel jüngeren Luftschifffahrt bisher die astronomische Ortsbestimmung im Ballon für nebensächlich. Und doch verdient dieselbe, wie neuerdings auch allgemein anerkannt wird, volle Beachtung, seit Hoch-, Weit- und Dauerfahrten im Freiballon über Wolken, Nebel und während der Nacht, längere Fahrten in Motorballons selbst über das Meer, ja sogar aeronautische Forschungsreisen nach unbekannten Erdregionen ausgeführt werden. Es muß daher jetzt im Interesse der Sicherheit und Weiterentwicklung der Luftschifffahrt die Forderung gestellt und durchgesetzt werden, daß jeder Ballonführer außer mit der technischen Handhabung des Luftschiffs auch mit der astronomisch-geographischen Orientierung des Ballons vertraut ist, ebenso wie es niemandem einfallen würde, sich einem Schiffe ohne astronomische Navigation anzuvertrauen.

Eine Ballonfahrt mit Anblick der festen Erdoberfläche gleicht der Schifffahrt in Sicht der Küste, wo einfache Orientierungen nach Karten mit gelegentlichen Peilungen auf kartographisch festgelegte Objekte genügen. Ist aber, wie so häufig, die Erdoberfläche für den Beobachter in der Gondel durch Wolken, Nebel und Dunkelheit verdeckt oder befindet sich der Ballon über dem Meere, so bleibt dem Luftschiffer, ebenso wie dem Schiffsführer auf hoher See, nur übrig, sich mit Hilfe von Gestirnmessungen astronomisch zu orientieren. Solche astronomische Positionsbestimmungen in beliebiger Höhe über der Erdoberfläche sind nicht nur zur Entscheidung über eine etwaige Landung ohne unnütze Opfer von Gas und Ballast geboten, sondern sie dienen auch zur wichtigen Bestimmung der Fahrtrichtung im Freiballon, deren anderweitige

Festlegung auch mit dem Kompaß versagt, sobald die Orientierung nach unten aufhört. Nur in dem Falle, daß das ausgeworfene Schleppseil den Boden berührt, und dadurch die fortwährende Drehung des Freiballons um seine Längsachse aufhört, stellt sich die Gondel mit einer konstanten Vorwärtsrichtung ein, so daß alsdann der Kompaß auch ohne Orientierung nach unten die Fahrtrichtung angibt.

In dem Falle endlich, daß weder Erdoberfläche noch Himmel sichtbar sind, kann man den Ballon wenigstens in geographischer Breite annähernd orientieren durch Messung der Horizontalintensität der erdmagnetischen Kraft in der Gondel und durch Vergleichung der dafür gefundenen Zahlenwerte mit den bekannten für die Erdoberfläche geltenden magnetischen Kraftlinien (Isodynamen), die besonders über dem europäischen Kontinente ungefähr parallel den Breitenkreisen verlaufen. Diese im Notfalle mitten in Wolken oder Nebel anzuwendende magnetische Orientierung kann besonders in Deutschland sehr wichtig werden, um bei Ballonfahrten in nördlicher Richtung und bei ganz undurchsichtiger Luft rechtzeitig die Annäherung an die See zu merken. Die zur magnetischen Orientierung im Ballon notwendigen Instrumente (Intensitätsvariometer nach Eschenhagen und Ebert) bedürfen aber erst noch der weiteren Erprobung in der Gondel¹⁾.

Wir haben somit im Ballon drei Arten von Orientierungen: die kartographische, die neuerdings durch Herstellung besonderer aeronautischer Landkarten (Moedebeck) noch vervollkommenet wird, die magnetische, die erst einer weiteren Durchbildung bedarf, und die astronomische, um die es sich in vorliegender Anleitung ausschließlich handelt und die nunmehr ohne Schwierigkeit zur schnellen Ermittlung des genähernten Ballonortes sich ausführen läßt.

Nachts genügen Höhenmessungen an hellen Fixsternen, gelegentlich auch am Monde und an den großen Planeten (Venus, Mars, Jupiter und Saturn) mit dem im Ballon erprobten

¹⁾ Die besonderen Schwierigkeiten der magnetischen Breitenbestimmung liegen beim Freiballon in der gleichzeitigen Mitnahme des Peilkompasses, durch den das Intensitäts-Variometer gestört wird, und beim Motorballon in der ablenkenden Einwirkung der Eisenteile. Die erstere ließe sich durch geeignete Aufhängung des Kompasses in größerer Entfernung von der Gondel (wie z. B. im Ballonringe s. S. 14) aufheben und zur Beseitigung der letzteren (im Motorballon) müßte man geeignete Kompensationen des Variometers einführen oder auch die Breitenbestimmung mittels Gyroskops (Kreiselapparat) versuchen.

Libellenquadranten und nach einer zuverlässigen Taschenuhr, die während 24 Stunden Mitteleuropäische oder bequemer Greenwicher Zeit bis auf etwa 10 Sekunden festhält.

Am Tage reichen, falls außer der Sonne gelegentlich noch der Mond sichtbar sein sollte oder etwa in der Dämmerung Mond und Venus zu sehen sind, gleichfalls Höhenmessungen an diesen Gestirnen aus. Im allgemeinen wird jedoch am Tage nur die Sonne zur Verfügung stehen, so daß Höhenmessungen allein, je nach der Stellung der Sonne nahe dem Meridian oder dem ersten Vertikal (Ost-West) nur Breite oder Länge des Ballonortes ergeben. Alsdann gehören zur vollständigen Ortsbestimmung nach Breite und Länge Höhen- und Azimutmessungen der Sonne, wobei letztere mit einem besonderen, gleichfalls im Ballon erprobten *P e i l - F l u i d k o m p a ß* auszuführen sind.

Die zur Auswertung aller dieser Beobachtungen nötigen Rechnungen müssen während der Fahrt in der Gondel selbst möglichst schnell, zumeist unter Benutzung der in der vorliegenden Anleitung (Abschnitt V) gegebenen kurzen Tafeln, erledigt werden, damit die astronomische Ortsbestimmung in der Luft dem Ballonführer auch sofort von Nutzen sei. Hierbei kommt es in erster Linie nur auf eine möglichst schnelle und sichere Herleitung des *g e n ä - h e r t e n* Ballonorts (ungefähr bis auf 10 Bogenminuten = rund 16 km) an, während etwaige genauere Berechnungen der betreffenden astronomischen Ortsbestimmungen später bei Bearbeitung der gesamten Fahrtergebnisse ausgeführt werden können.

Gelegentlich ist es sogar vorteilhaft, selbst nur schätzungsweise z. B. mit einem Transformator (S. 18) die astronomischen Beobachtungen in der Gondel roh auszuwerten, um sofort wenigstens einen Überblick über die Position des Ballons zu gewinnen.

II. Ausrüstung zur Ortsbestimmung im Ballon.

Libellen-
quadrant.

Zu den Messungen von Gestirnhöhen in der Gondel wird der Libellenquadrant²⁾ verwendet, der in des Verfassers Handbuche der geographischen Ortsbestimmung ausführlich beschrieben ist. Dieser im Ballon freihändig zu benutzende und dabei zweckmäßig an einer langen, um den Ballonring gehenden Schnur aufzuhängende Höhenwinkelmesser beruht auf dem Prinzip, daß eine Libellenblase in das Gesichtsfeld des Fernrohrs gespiegelt wird und bei richtiger Höheneinstellung das direkt im Fernrohr anvisierte Gestirn symmetrisch umspült. Zur Höhenmessung richtet man das Fernrohr des mit der rechten Hand am Holzgriff zu fassen und möglichst senkrecht zu haltenden Quadranten auf das Gestirn, sucht das Bild des letzteren möglichst genau in der Mitte des Fadenquadrats festzuhalten und stellt die Libelle durch Drehung der in den Kreisbogen mit Zahnrädern eingreifenden Triebsschraube mittels der linken Hand ungefähr wagerecht. Beim nochmaligen Hineinsehen in das Fernrohr nach dem möglichst scharf auf die Quadratmitte gebrachten Gestirn dreht man die Triebsschraube noch etwas, bis die Enden der Libellenblase oben und unten gleichweit von der Fadenkreuzöffnung entfernt sind. Alsdann liest man am Kreise den Betrag des Höhenwinkels ab, wobei die Stellung des Nullstrichs des Nonius am Kreisbogen (Teilintervall 1⁰) die ganzen Grade und die Koinzidenz eines bestimmten Noniusstriches

²⁾ Der Libellenquadrant ist, zugleich mit vollständiger Gebrauchsanweisung, zu beziehen vom Mechaniker Butenschön in Bahrenfeld bei Hamburg zum Preise von 60 Mark einschließlich eines von der Deutschen Seewarte ausgestellten Prüfungsscheines mit Angabe des Indexfehlers. Die für Nachtbeobachtungen außerdem noch notwendige elektrische Beleuchtungseinrichtung kostet etwa 7 Mark. Neuerdings ist der Libellenquadrant auch für den Ballongebrauch weiter verbessert worden, indem die Libellenblase im Gesichtsfelde des Fernrohrs bei Tag und bei Nacht dadurch noch besser sichtbar gemacht wird, daß unterhalb der Libelle eine reflektierende Platte aus weißem Zelluloid angebracht ist.

(Teilintervall $2'$) mit dem zugehörigen Strich der Hauptteilung die ganzen Bogenminuten ergibt.

Will man die Messungsgenauigkeit noch erhöhen, was im Ballon in der Regel nicht notwendig ist, so kann man zwei Einstellungen der Gestirnhöhe mit entgegengesetzter Bewegung der Libellenblase ausführen, indem einmal die Blase von oben nach unten, das zweite Mal von unten nach oben durch das Gesichtsfeld laufend eingestellt wird. Das Mittel dieser beiden, durch entgegengesetzte Drehungen der Triebsschraube bewirkten Höhenmessungen ist frei von Fehlern des toten Ganges der Triebsschraube und weniger behaftet mit persönlichen Einstellungsfehlern.

Die einzige Konstante am Libellenquadranten, welche vorher bestimmt werden muß, ist der sogenannte Indexfehler, welcher die Abweichung der am Kreise abgelesenen Höhe von der richtigen Höhe bezeichnet. Derselbe ist am Libellenquadranten bei vorsichtiger Handhabung des Instruments nur sehr wenig veränderlich, da das Fernrohr fest mit dem Kreisbogen des Quadranten verbunden und auch der Nonius nicht verstellbar ist. Der Indexfehler, dessen Größe und Vorzeichen in dem, jedem Libellenquadranten beigegebenen Prüfungsscheine der Deutschen Seewarte angegeben wird, läßt sich auch vom Beobachter selbst sehr einfach bestimmen. Entweder stellt man am Lande ein Objekt mit anderweitig bekannter Höhe ein oder man richtet den Libellenquadranten auf eine mit Wasser gefüllte kommunizierende Röhre und bestimmt die Abweichung von der Nullstellung am Kreise durch gleichzeitige Einvisierung der beiden gleichhohen Flüssigkeitsschenkel (Höhe = 0).

An die mit dem Libellenquadranten im Ballon gemessenen Gestirnhöhen ist für Sterne, Sonne und Planeten außer dem für jedes Instrument verschiedenen Indexfehler nur die Refraktionskorrektur für die Wirkung der Strahlenbrechung in der Atmosphäre nach der abgekürzten Tafel 3a stets negativ an die Höhe anzubringen. Beim Messen von Mondhöhen aber kommt hierzu noch wegen der Nähe unseres Satelliten zur Erde eine Korrektur für Parallaxe, die zusammen mit der Refraktionskorrektur als Gesamtbeseitigung der Mondhöhe (stets positiv an die Höhe anzubringen) in der abgekürzten Tafel 3b sich vorfindet.

Bei Sonnenbeobachtungen wird auf das Objektiv des Libellenquadranten ein neutrales Blendglas aufgeschoben, das jedem Instrument in zwei Stärken (dunkel und licht) beigegeben ist und der jeweiligen Helligkeit des Sonnenbildes entsprechend gewählt wird. Ist die Sonne gelegentlich durch Nebel oder Wolkendecken etwa stark abgeschwächt, so kann das Fernrohr auch ohne Blendglas benutzt werden. Bei Nachtbeobachtungen an Sternen und Planeten wird auf das Objektiv des Instruments eine zum Libellenquadranten gehörige elektrische Beleuchtungseinrichtung gesetzt, deren ganz kleine bewegliche Lampe so einzustellen ist, daß die Libelle kräftig, das Gesichtsfeld aber nur wenig, gerade zum Erkennen des Fadenquadrats genügend, erleuchtet wird. Um eine Blendung des Auges zu vermeiden, setzt man ferner zweckmäßig auf das Okular eine aus Karton geschnittene Scheibe, die das Auge des Beobachters gegen die Strahlen der elektrischen Lampe schützt. Bei Mondmessungen genügt meistens das Mondlicht allein zum Erkennen von Libellenblase und Fadennetz. Die Beleuchtungseinrichtung wird von einer kleinen elektrischen Taschenlaterne gespeist, in welche an Stelle der elektrischen Birne der Stöpsel für die Zuleitung zur Feld- und Libellenbeleuchtung geschraubt wird. Die überall vorrätige Taschenlaterne ist so zu wählen, daß die Öffnung für die Lichtquelle an der vorderen Seite liegt, daß sich hinten ein Haken zum Anhängen der Lampe an die Kleidung des Beobachters befindet und daß die Druckvorrichtung zum Hellmachen an der Lampe in Schieberform festgestellt werden kann. Die Einvisierung eines Sterns mit dem Fernrohr des Libellenquadranten erfolgt zweckmäßig im Dunkeln und erst, wenn der Stern im Gesichtsfelde ist, wird mit der linken Hand der Kontakt an der elektrischen Taschenlaterne eingeschaltet. Es empfiehlt

sich selbstverständlich, stets mehrere Reserveexemplare für die elektrische Beleuchtung bei Ballonfahrten mitzunehmen.

Bei den Höhenmessungen mit dem freihändig benutzbaren Libellenquadranten ist darauf zu achten, daß die Kreisebene möglichst senkrecht gehalten wird, da eine Verkantung besonders beim Messen von größeren Höhenwinkeln nicht unerhebliche Fehler mit sich bringt. Die Höhe, bis zu welcher Gestirne von der Gondel aus überhaupt eingestellt werden können, ist nach oben naturgemäß durch die Ballonhülle begrenzt; in der Regel kann man Gestirns Höhen bis 62° bequem beobachten³⁾. Diese Beschränkung in Höhe für astronomische Messungen von der Gondel aus bringt es mit sich, daß man in höheren Breitenzonen über 60° bei Nachtbeobachtungen auf die äußerst bequeme Methode zur Polhöhenbestimmung mittels des nördlichen Polarsterns verzichten und dafür Höhen in der Nähe des Meridians von tiefer stehenden hellen Sternen verwenden muß. Ferner ergibt sich daraus bei Tagbeobachtungen besonders in niedrigeren Breiten die Schwierigkeit, Mittagshöhen der Sonne zur Sommerszeit zu erhalten. Im lenkbaren Ballon kann man dieser Beschränkung durch Anbringung einer besonderen Beobachtungsplattform (Zeppelin) Herr werden und auch im Freiballon ließe sich dieselbe vielleicht durch geeignete Verlegung des Beobachterstandpunktes etwas außerhalb des eigentlichen Ballonkorbes überwinden.

Die Genauigkeit endlich, welche bei Höhenmessungen mit dem verbesserten Libellenquadranten im Ballon erzielt werden kann, läßt sich für eine Höhe im Mittel aus je zwei Einstellungen (Blase von oben und Blase von unten) auf etwa 4—5 Bogenminuten angeben, während eine einzelne Höheneinstellung unschwer bis auf etwa 6—7 Bogenminuten genau erzielt werden kann. Eine Steigerung dieser Genauigkeit etwa durch Aufsetzen des Libellenquadranten auf ein am Rande des Ballonkorbes angebrachtes Stativ empfiehlt sich für die Zwecke einer schnellen aeronautischen Ortsbestimmung vorläufig nicht, da sonst Beobachtung und Rechnung während der Fahrt zu lange dauern und die Benutzung der alsdann größer sowie umfangreicher zu wählenden Reduktionstabellen zeitraubender sich gestalten würde.

Bei jeder Höhenmessung ist bis auf einige Sekunden scharf ^{Uhr.} sofort die Zeit der Beobachtung zu notieren und erst dann der Kreis

³⁾ Wenn die Gondel sehr tief unter dem Ballon hängt, lassen sich auch noch größere Höhen messen; allerdings wird dann die Beobachtung etwas unbequem.

am Libellenquadranten abzulesen; dasselbe geschieht bei Einstellungen am Peilkompaß auf die Sonne oder ein anderes Gestirn, wo auch erst die Uhrzeit notiert und unmittelbar nachher die Kreisablesung aufgeschrieben wird. Der Ballonführer darf nie vergessen, daß jede Höhen- oder Azimutmessung ohne Beifügung der zugehörigen Uhrzeit für die Ortsbestimmung in der Regel völlig wertlos ist.

Zur Angabe der Zeit genügt im Ballon eine zuverlässige Taschenuhr mit Ankerhemmung und guter Kompensation der etwas schwer zu wählenden Unruhe, so daß auch bei stärkeren Schwankungen von Temperatur und Luftdruck der Uhrgang im Laufe eines Tages stets unter 10 Sekunden beträgt ⁴⁾. Der Beobachter trägt die Uhr zweckmäßig in der Tasche, womöglich in einer besonderen luft- und staubdichten Kapsel, die das Zifferblatt freiläßt. Auf diese Weise ist die Beobachtungsuhr gegen den Einfluß großer Temperaturschwankungen und gegen die direkte Sonnenstrahlung nach Möglichkeit geschützt. Bei Fahrten in nicht zu großen Höhen oder bei Nachtfahrten kann man die Uhr, in einem besonderen Ledergehäuse untergebracht, auch an den Stricken über der Gondel neben den anderen Instrumenten aufhängen, um die Uhrablesungen bequemer zu machen.

Vor dem Aufstieg muß die nach mittlerer Zeit gehende Beobachtungsuhr mit einer Normaluhr (Sternwarte oder öffentlicher Zeitdienst), die z. B. mitteleuropäische Zeit (M. E. Z. = 1^h östlich von Greenwich) oder Greenwicher Zeit (Gr. Z. = M. E. Z. — 1^h) genau angibt, bis auf die Sekunde verglichen werden, nachdem eine etwaige Differenz in ganzen Minuten durch Stellen des Minutenzeigers fortgeschafft worden ist. Die alsdann in Sekunden gefundene Uhrkorrektion gegen genaue Mitteleuropäische oder Greenwicher Zeit ist zu notieren und an die Uhrablesungen erst dann anzubringen, wenn die Berechnung der Beobachtungen ausgeführt wird.

Wenn der Ballonführer in der Lage ist, zwei Beobachtungsuhren mit sich führen zu können, so ist es für Auswertung der Nachtbeobachtungen vorteilhaft, die zweite Uhr nach Sternzeit gehen zu lassen und während der Fahrt zugleich des öfteren die

⁴⁾ Eine solche Beobachtungsuhr mit großem Zifferblatt und in einfacher Ausstattung, aber mit gutem Werk, deren Gang vorher geprüft sein muß, ist z. B. bei der Firma F. T i e d e (vom 1. April 1909 ab A. O p p e r m a n n), Berlin, für den Preis von ungefähr 100 Mark erhältlich.

mittlere Zeit-Uhr mit der Sternzeituhr zu vergleichen. Bei der bequemen Verwandlung von Sternzeit in mittlere Zeit nach der abgekürzten Tafel 2 genügt jedoch eine Beobachtungsuhr nach mittlerer Zeit, deren Angaben zugleich dem Nichtastronomen auch sonst geläufiger sind.

Eine Beobachtungsuhr, von der man einen guten, bis auf wenige Sekunden sicheren täglichen Gang verlangt, soll an jedem Tage zu derselben Zeit aufgezogen werden, auch wenn sie, wie z. B. das Marinechronometer, erst in zwei Tagen abläuft. Um jedoch bei längeren Ballonfahrten ein verhängnisvolles Stillstehen der Uhr zu vermeiden, empfiehlt es sich, das Aufziehen der Uhr vor Antritt der Ballonfahrt auszuführen und dasselbe auch während der Fahrt abends und morgens zu besorgen. Falls irgend möglich, empfiehlt sich außerdem die Mitnahme einer Reserveuhr. Vorausgreifend sei an dieser Stelle erwähnt, daß selbst bei fehlerhafter Uhr doch noch eine Möglichkeit vorliegt, wenigstens in der Nacht aus dem Verlauf der Isogonen die Länge und nach Tafel 4 die Breite schätzungsweise zu ermitteln aus Einstellungen des Polarsterns in Azimut und Höhe. Bei Erörterung der Längenbestimmung Nachts (Abschnitt IV) finden sich hierüber nähere Angaben.

Während nachts zur astronomischen Ortsbestimmung im Ballon Libellenquadrant und Uhr als Beobachtungsinstrumente ausreichen, wird zur vollständigen Ortsbestimmung am Tage nach der Sonne allein, wenn also Mond- oder Venushöhen nicht gleichzeitig gemessen werden können, noch ein besonderer Fluidkompaß⁵⁾ mit Peilvorrichtung zur Azimutbestimmung, gelegentlich mit Vorteil auch nachts, u. a. wenn nur der Mond sichtbar sein sollte, gebraucht. Derselbe dient im Freiballon zugleich zur Festlegung der Fahrtrichtung und im Motorluftschiff außerdem auch zur Steuerung des Kurses. Das Instrument ist nach Art der Marinekompass für Unterseeboote auch von unten durchsichtig, mit einer von oben und unten ablesbaren Rose konstruiert und zur Gewichtsherabsetzung für den Ballon aus Aluminium

Peilkompaß.

⁵⁾ Der besondere Fluidkompaß aus Aluminium für den Ballon mit Peilvorrichtung und lederner Transporttasche wird von der Firma C. B a m b e r g, Friedenau-Berlin, zum Preise von etwa 400 Mark geliefert und für Motorballons mit besonderer Kompensationseinrichtung versehen. Einfache Fluid-Azimutkompass liefert C. Plath-Hamburg schon von 150 M. ab. — An dieser Stelle sei noch erwähnt, daß etwaige durch Erschütterungen im Kompaßgefäß entstandene Luftblasen die Einstellung nicht beeinflussen; dieselben lassen sich außerdem durch Hochkanten des Kompasses beseitigen.

hergestellt, so daß es bei einem Gefäßdurchmesser von 18,5 cm innen, 24 cm außen, einschließlich einer besonderen Transporttasche aus festem Leder nur etwa 16 kg, also kaum mehr als ein kleiner Sandsack wiegt. Die auf Alkohol schwimmende magnetische Kompaßrose steht außerdem überall so weit vom Gefäßrande ab, daß nach Erprobungen im Freiballon ein Mitgehen der Rose bei Drehungen des Korbes unter keinen Umständen stattfindet, vielmehr der magnetische Meridian bei Azimuteinstellungen stets festgehalten bleibt.

Wird der Kompaß nicht zur Azimutmessung gebraucht, so kann er, wie beistehende Abbildung zeigt, an einem besonderen Messingbügel unter dem Ballonringe in Cardanischer Aufhängung

angebracht werden, um die Bewegungsfreiheit im Korb nicht zu stören. Der von unten durchsichtige Kompaß, mit Doppelrose (oben und unten ablesbar) versehen, läßt sich, auch im Ringe aufgehängt, zur Feststellung der Fahrtrichtung von der Gondel aus benutzen.

Zur Azimutmessung läßt man den Kompaß an einer Zugvorrichtung herunter, hakt ihn aus und setzt ihn, jetzt den Bügel nach unten gekehrt, ebenfalls in Cardanischer Aufhängung in eine der Metallbuchsen, die, wie nebenstehende Abbildung zeigt, an den vier Korbseiten des Ballons außen angebracht sind. Bei der Erprobung im Freiballon hat es sich wegen der fortwährenden Korbdrehung als vorteilhaft erwiesen, den Kompaß, dessen Anbringung unten in der Gondelmitte störend, bei höherer Sonnenstellung sogar unbrauchbar wäre, schnell von einer Korbseite auf die andere zu versetzen, um in allen Drehungsphasen der Gondel rasch bequeme Azimutmessungen ausführen zu können.

Die auf den Kompaßrand aufzusetzende und im Horizont drehbare Peilvorrichtung hat einen auch in der Vertikalebene beweglichen Spiegel, auf der einen Seite mit dunklem, auf der anderen mit hellem Glase belegt. Für Peilungen auf Sonne und Mond wird zur Einstellung des Gestirns die dunkle Seite benutzt, bei der Sonne außerdem eins der am Augenprisma vorzuschiebenden

Blendgläser; bei Peilungen auf andere Gestirne, insbesondere auf den zur Kompaßkontrolle vorzüglich sich eignenden Polarstern (siehe Tafel 5) findet die helle Spiegelseite bei beleuchtetem Kompaß Verwendung. Das zu peilende Gestirn (bei Sonne und Mond die vertikale Mittellinie der Scheibe) wird durch Drehung der Peilvorrichtung möglichst scharf auf den Metallfaden der Peilklappe gestellt und taucht, durch das Augenprisma betrachtet, mit dem Faden gespiegelt in die nach ganzen Graden fortschreitende horizontale Kompaßteilung ein. An letzterer wird unmittelbar das magnetische Azimut des Gestirns (Horizontalwinkel zwischen dem Vertikal des Gestirns und dem magnetischen Meridian) bis auf $1/10$ Grad abgelesen und jedesmal die zugehörige Beobachtungszeit nach der Uhr notiert. Durch Anbringung der anderweitig bekannten magnetischen Deklination (Abweichung zwischen magnetischer und astronomischer Nordsüdrichtung) für den betreffenden Beobachtungsort (siehe Karte II für Deutschland und Karte III für Europa) erhält man das astronomische Azimut (s. S. 44) des Gestirns (Horizontalwinkel zwischen Gestirnsvertikal und Ortsmeridian).

Solche magnetischen Azimutmessungen setzen voraus, daß der Peilkompaß gegen störende Einwirkungen von Eisenmassen im Ballon geschützt ist oder dafür besonders kompensiert wird, also daß praktisch eine Deviation oder Ablenkung der Kompaßnadel aus der magnetischen Nordsüdrichtung nicht vorhanden ist. Im Freiballon kann man auf Grund besonderer Erprobungen sogar bei Verwendung eines eisernen Ballonringes auch den unkompenzierten Kompaß im allgemeinen als deviationsfrei innerhalb der Beobachtungsfehler ansehen. Dies gilt sowohl für die obere zentrale Lage beim aufgehängten Kompaß als auch, was besonders wichtig ist, für die exzentrische Befestigung desselben am Korbrande bei Ausführung der Azimutmessungen. Nur muß dafür gesorgt werden, daß kleinere Eisenmassen, wie Schlüsselbunde, Messer usw. am Korbboden verstaut werden, während größere Stahlmassen, wie z. B. Waffen, mehrere Meter tief unter der Gondel aufzuhängen sind. Im Motorballon dagegen muß naturgemäß der Peilkompaß nicht nur zur Azimutmessung, sondern auch schon, um die richtige Steuerung zu gewährleisten, gegen den magnetischen Einfluß der Eisenteile im Ballon kompensiert werden. In den meisten Fällen genügen dazu kleine, unter der Kompaßrose anzubringende Stahlmagnete, deren Wirkung aber jedesmal vor dem Aufstiege in allen Drehungsphasen des Ballons untersucht werden muß, entweder

durch Azimuteinstellungen auf Gestirne und bekannte terrestrische Objekte oder durch Peilungen auf einen zweiten, frei von magnetischen Einflüssen am Lande aufgestellten Kompaß

Aber selbst bei nahezu vollständiger Beseitigung der Kompaß-deviation im Motorballon bleibt dennoch eine fortlaufende astronomische Überwachung dieses Fehlers geboten, am Tage durch Azimuteinstellungen auf die Sonne (Azimuttabellen oder Taf. 6), nachts durch Peilung auf den Polarstern (siehe Tafel 5). Es können nämlich beträchtliche Deviationsveränderungen durch starke Erschütterungen, Temperaturschwankungen, luftelektrische Induktionen usw. auftreten⁶⁾.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die Genauigkeit im Azimut, welche mit dem Peilkompaß bei Gestirnseinstellungen zu erzielen ist, bis auf etwa $\frac{1}{10}$ Grad ($0,1^\circ$) getrieben werden kann. In der Regel aber wird z. B. bei schnellen Einstellungen der Sonne im Ballon nicht mehr als eine Genauigkeit von $0,25^\circ$ erreicht werden, für die Zwecke einer genäherten und schnell herzuleitenden aeronautischen Ortsbestimmung am Tage auch genügend.

Rechnerische
Hilfsmittel.

Nachdem die instrumentellen Hilfsmittel (Libellenquadrant, Uhr, Peilkompaß) in ihrer Anwendung zur Ballonorientierung geschildert sind, sollen nunmehr auch die zur Auswertung der astronomischen Beobachtungen im Ballon teils notwendigen teils erwünschten rechnerischen Hilfsmittel kurz besprochen werden. Die meisten derselben konnten zweckmäßig in der vorliegenden Anleitung (Abschnitt V mit Beispielen erläutert) in einer für den aeronautischen Gebrauch bestimmten Tafelsammlung gegeben werden. Es sind dies folgende Tafeln und Karten: Gestirnhöhenverbesserung für Refraktion und Parallaxe, gegenseitige Verwandlung von Sternzeit in mittlere Zeit und von Zeitmaß in Bogenmaß, Breite aus Höhen des Polarsterns, Breiten-

⁶⁾ Während des Drucks dieser Anleitung sind erfolgreiche Versuche zum Ersatz und zur Kontrolle des magnetischen Kompasses an Bord von Seeschiffen durch den Anschützchen Kreiselkompaß bekannt geworden, der bei starkem elektrischem Antrieb selbsttätig den astronomischen Meridian angibt und auch mit Peilvorrichtungen versehen werden kann. Aber schon das große Gewicht (etwa 250 kg) des gesamten Apparates schließt seine Verwendung im Freiballon aus, und auch für Motorballons käme der Kreiselkompaß, dessen Einrichtung vorläufig noch ein kleines Vermögen kostet, nur dann in Betracht, wenn es sich um Luftschiffe mit sehr großem Auftrieb handelt. — Auch der im Motorballon erst noch zu erprobende neue Doppelkompaß von Bidlingmaier zur Kontrolle der Deviation verdient an dieser Stelle Erwähnung.

korrektur für Sternhöhen außerhalb des Meridians, Tafeln zur schnellen Ermittlung des Stundenwinkels aus Breite, Deklination und Höhe, abgekürzte Azimuttabeln für Gestirne bis 49° Deklination und für den Polarstern, Merkatorfunktionen (Tafeln der wachsenden Breite), Positionen von 27 hellen Fixsternen nebst ihren Kulminationsdaten für 8^h , 12^h , 4^h nachts, nördlicher Sternenhimmel mit den zur Ballonorientierung dienenden Sternen, Karten der magnetischen Deklinationswerte (in Form von Isogonen oder Linien gleicher Deklination 1909) für Deutschland und Europa.

Außer diesen unmittelbar gegebenen und in den Abschnitten IV, V der Anleitung eingehender behandelten rechnerischen Hilfsmitteln gebraucht der Ballonführer zur Auswertung der Ortsbestimmungen nur noch ein *Nautisches Jahrbuch* zur Entnahme der astronomischen Daten, gelegentlich einen *Transformator* zur schnellen graphischen Auflösung sphärischer Dreiecke und manchmal auch eine größere *Azimuthtafel*, besonders zur Kompaßkontrolle.

Das *Nautische Jahrbuch*⁷⁾ (N. J.), dessen Einrichtung ausführlich in der Einleitung des Jahrbuchs beschrieben ist, dient im Ballon zur Entnahme der Positionen von Sonne, Mond, großen Planeten und Sternen sowie der Reduktionsgrößen von Zeitgleichung (Mittlere — Wahre Zeit) und Sternzeit im Mittleren Mittag (Rectaszension der mittleren Sonne) für Zeit und Ort der Beobachtung. Die Angaben des N. J. beziehen sich sämtlich auf den Greenwicher Meridian (M. E. Z. — 1^h) und müssen für Sonne und Mond, gelegentlich auch für die der Erde nächsten Planeten Venus und Mars, mit den im N. J. gegebenen stündlichen Änderungen auf die Beobachtungszeit des Ortsmeridians reduziert werden. Diese an sich schon einfache Einschaltung zwischen zwei Tafelwerte wird für die aeronautische Ortsbestimmung dadurch noch erheblich erleichtert, daß alle Winkelangaben ($^{\circ}$, $'$, $''$) höchstens auf ganze Bogenminuten, alle Zeitangaben (h, m, s) lediglich auf Zehntel Zeitminuten ($0,1^m = 6^s = 1'; 1' = 4^s$) dem N. J. entnommen zu werden brauchen; meistens genügt es sogar, im Ballon mit Zehntel Graden und halben Zeitminuten zu rechnen.

*Nautisches
Jahrbuch.*

⁷⁾ *Nautisches Jahrbuch* oder Ephemeriden und Tafeln für das Jahr 19. . zur Bestimmung der Zeit, Länge und Breite zur See nach astronomischen Beobachtungen. Herausgegeben vom Reichsamt des Innern. Berlin, Heymanns Verlag. Preis 1,50 Mark. Das Jahrbuch erscheint regelmäßig mehrere Jahre im voraus.

Will man das Nautische Jahrbuch nicht im Ballon mitnehmen, so genügt es, vor dem Aufstieg für mehrere die mutmaßliche Fahrtdauer einschließende Tage die Daten: Zeitgleichung (M. Z. — W. Z.), Sternzeit im M. Mittag, Sonnendeklination, Monddeklinaton und Rektaszension in das Beobachtungsjournal einzutragen. Für die Ortsbestimmung in der Nacht mittels Sternen reichen in der Regel sogar die auf Tafel 10 der vorliegenden Anleitung gegebenen Positionen heller Fixsterne zu einer genäherten Rechnung im Ballon aus.

Transformator.

Die schnelle Auswertung der Beobachtungen im Ballon, z. B. Ableitung von Breite aus Höhe, Stundenwinkel und Deklination eines Gestirns oder auch von Stundenwinkel und Breite aus Azimut, Höhe und Deklination, kann, wie im nächsten Abschnitt nach Erprobung in der Gondel gezeigt wird, gelegentlich auf graphischem Wege durch Benutzung eines sogenannten Transformators nicht unerheblich erleichtert werden. Hierzu dient eine besondere Meßkarte⁸⁾ zur Auflösung sphärischer Dreiecke im System von Horizont und Äquator, wie sie schon vor langer Zeit von den Astronomen P. Braun und Chauvenet entworfen wurde und neuerdings von Kohlschütter und Körber in etwas verschiedener Ausführung mit vollständiger Gebrauchsanweisung herausgegeben ist. Die Genauigkeit der Ablesung beträgt bei der Meßkarte von Kohlschütter, deren obere drehbare Scheibe (24 cm Durchmesser) horizontale Koordinaten (Höhe und Azimut) enthält, etwa einen halben Grad (30'), für den Transformator von Körber aber, der oben die Koordinaten des Äquators (Deklination und Stundenwinkel) bringt, nur ungefähr einen ganzen Grad (1°)⁹⁾.

⁸⁾ Kohlschütter, Meßkarte zur Auflösung sphärischer Dreiecke. Verlag D. Reimer, Berlin 1905. Preis 3 Mark. Körber, Transformator für sphärische Koordinaten. Verlag D. Reimer, Berlin 1905. Preis 3 Mark. — Nach den Erfahrungen des Verf. empfiehlt sich nachts mehr die gelegentliche Benutzung des Körberschen Transformators in der Gondel, am Tage jedoch, besonders wenn zugleich Höhe und Azimut der Sonne beobachtet sind, ist der Transformator von Kohlschütter für die gelegentliche rohe Rechnung in der Gondel mehr zu empfehlen, da er auf der oberen drehbaren Scheibe die beobachteten Koordinaten im System des Horizont enthält. Die auf der Anweisung des letzteren im Ballon vorgeschlagene Peilung des Gestirns mit einem Taschenkompaß oder einer Schmalkaldener Bussole hat sich in der Praxis wegen der Drehung des Ballons als unmöglich herausgestellt (s. oben S. 12 Peilkompaß).

⁹⁾ Vor etwa 7 Jahren hatte der Verfasser mit dem österreichischen Aeronauten Hauptmann Scheimpflug bereits die graphische Auswertung aeronautischer Ortsbestimmungen an einem ähnlichen, aber größeren Transformator versucht. Es

Es empfiehlt sich schließlich, daß der Ballonführer außer dem *Nautischen Jahrbuch* und dem *Transformator*, besonders im Motorballon, noch eine größere *Azimuthtafel* zur Verfügung hat, um gelegentlich genauer als mit dem Transformator und mit den Azimuttabeln (siehe Tafel 6 der vorliegenden Anleitung) zu rechnen und speziell auch, um Gestirnspeilungen für die Kompaßkontrolle besser auswerten zu können. Besonders zweckmäßig und handlich ist hierfür die in einem Bande herausgegebene *Azimuthtafel* von Ebsen¹⁰⁾, welche in Intervallen von 10 Zeitminuten die wahren Azimute (bis auf 0,1°) der Gestirne zwischen $\pm 29^\circ$ Deklination und für die Breitenzonen bis $\pm 72^\circ$ gibt.

besteht die Absicht, diese größere Meßkarte zur wechselseitigen Verwandlung von Koordinaten des Horizonts (Höhe und Azimut) und des Äquators (Deklination und Stundenwinkel) demnächst zu veröffentlichen. Dieselbe wird bei einem Scheibendurchmesser von 32 cm die graphischen Rechnungen im Ballon bis auf 0,2° (12') sicher ausführen lassen, und zugleich besonders stabil mit Vermeidung von Schlotterungen in der Achsenführung der Drehscheibe konstruiert werden.

¹⁰⁾ *Azimuthtafel* von Ebsen. Hamburg. Verlag Eckardt & Meßtorff. Preis 7 Mark. — Hat man außer dem magnetischen Azimut auch die Höhe des Gestirns gemessen und gebraucht man das astronomische Azimut des Gestirns z. B. zur Kompaßkontrolle nur bis auf etwa $\frac{1}{2}^\circ$, so genügt meist auch die abgekürzte Azimuthtafel 6 der vorliegenden Anleitung, aus welcher mit Eingang von Höhe, Deklination und Stundenwinkel nach ganz geringer Rechnung (durch Addition von drei in der Tafel gegebenen Zahlen) das astronomische Azimut des Gestirns folgt.

III. Methoden zur Ortsbestimmung im Ballon.

Sobald von der Gondel aus direkte Orientierungen nach der Karte versagen, wird der Ballonort durch astronomische Herleitung seiner geographischen Breite φ (Abstand vom Erdäquator im Meridianbogen, nördlich +, südlich —, gerechnet) und seiner geographischen Länge λ (Winkel- oder Zeitunterschied zwischen Ortsmeridian und Greenwicher Nullmeridian, östlich oder westlich von Greenwich gerechnet) bestimmt. Alsdann dient dieser astronomische Ballonort (φ , λ), unabhängig von seiner barometrisch herzuleitenden Seehöhe, indirekt zur geographischen Festlegung der Ballonposition auf der Karte.

Die Theorie der geographischen Ortsbestimmung, aus astronomischen Beobachtungen von Gestirnen mit bekannter Position am Himmel die Lage des Beobachtungsortes auf der Erde abzuleiten, kann im Rahmen dieser kurzen praktischen Anleitung nicht erörtert werden; hierfür sei u. a. auf des Verfassers Handbuch der geographischen Ortsbestimmung verwiesen. Nur einige auch für die astronomische Navigation in der Luft besonders wichtige Gesichtspunkte seien, soweit sie nicht schon in den zwei vorangehenden Abschnitten vorkommen, an dieser Stelle kurz erwähnt.

Prinzip der
Ortsbestimmung.

Es gilt, die nach Ort und Zeit der Beobachtung veränderlichen Koordinaten geeigneter Gestirne im System des Horizonts (Höhe h vom Horizont und Azimut a vom Meridian ab gerechnet) zu messen und daraus mit den im Nautischen Jahrbuch (N. J.) tabulierten, von Ort und Zeit unabhängigen äquatorialen Koordinaten derselben Gestirne (Deklination δ vom Äquator ab und Rektaszension α vom Frühlingspunkt aus gezählt) unmittelbar die geographische Breite φ des Beobachtungsortes und mittelbar die Länge λ aus dem Stundenwinkel t des Gestirns (vom Meridian ab gezählt) sowie aus der Rektaszension α nach den in Abschnitt V gegebenen Reduktionstafeln

zu berechnen. Wird z. B. die Sonne beobachtet, so gibt der u. a. aus Höhe und Deklination mit geschätzter Breite berechnete Stundenwinkel zunächst wahre Ortszeit, die durch Anbringung der Zeitgleichung (M. Z. — W. Z. aus N. J.) in mittlere Ortszeit zu verwandeln ist. Der westliche Stundenwinkel der Sonne t_w ist dabei unmittelbar gleich der wahren Ortszeit, der östliche t_o dagegen erst nach Abzug desselben von 12^h ($12^h - t_o = \text{W. Ortsz. nach bürgerlicher Zeitrechnung}$). Werden Mond, große Planeten oder Fixsterne beobachtet, so folgt aus dem berechneten Stundenwinkel t in Verbindung mit der bekannten Rectaszension α zunächst Orts-Sternzeit ϑ , wobei für westliche Stundenwinkel $\vartheta = \alpha + t_w$, für östliche $\vartheta = \alpha - t_o$ ist und falls $t_o > \alpha$, zur Rectaszension 24^h addiert wird. Die so gefundene Ortssternzeit wird nach Subtraktion der Sternzeit im Mittleren Mittag (aus N. J.) und nach Anbringung der negativen Reduktion von Sternzeit auf Mittlere (Taf. 2) in mittlere Ortszeit verwandelt wird. Da die vor dem Ballonaufstieg kontrollierte Beobachtungsuhr, eventuell mit Berücksichtigung der Uhrkorrektur ΔU , mittlere Greenwicher Zeit (Gr. Zt. = M. E. Zt. — $1h$) angibt, folgt aus dem Unterschiede zwischen der für die Beobachtung abgelesenen Uhrzeit U und der aus den Gestirnmessungen mit dem Stundenwinkel berechneten mittleren Ortszeit sofort die Länge λ gegen Greenwich, und zwar, wenn die Ortszeit größer ist als die Greenwicher östlich, im umgekehrten Falle westlich von Greenwich.

Die Genauigkeit, mit welcher eine einzelne Orientierung in (φ , λ) aus astronomischen Ballonbeobachtungen sich ergibt, kann erfahrungsgemäß im günstigsten Falle auf etwa $0,1^\circ = 6$ Bogenminuten = $0,4$ Zeitminuten geschätzt werden. Einer Bogenminute entsprechen auf der Erdoberfläche in meridionaler Richtung rund $1,85$ km, im Parallelkreis für mittlere Breiten rund $1,3$ km; daher läßt sich für eine astronomisch bestimmte Ballonposition der Minimalfehler gegenüber dem kartographisch festgelegten Ballonort auf etwa 10 km annehmen. Dies gilt aber nur für einen aus Gestirnhöhen abgeleiteten Ballonort, während die entsprechende Minimalunsicherheit aus Azimutbestimmungen mindestens doppelt so groß sein kann. Eine durchschnittliche Unsicherheit von rund 15 km bei der aeronautischen Ortsbestimmung erscheint zunächst ziemlich groß, wenn man damit vergleicht, daß auf See die Schiffsposition nach Sextantenmessungen bis auf etwa $2,5$ km genau erzielt werden kann. Es läßt sich jedoch leicht einsehen, daß für die Zwecke der

Genauigkeit
im Ballon.

astronomischen Navigation in der Luft die erzielte Genauigkeit von durchschnittlich 15 km genügt, und daß es mit Rücksicht auf die sonstigen Schwierigkeiten im Ballon sogar nicht angebracht erscheint, diese Genauigkeit einer aeronautischen Ortsbestimmung nach Gestirnsbeobachtungen noch wesentlich zu steigern. Vom Schiff aus beträgt unter der Annahme einer Augenhöhe des Beobachters von 9 m über dem Wasser der Radius des natürlichen Horizonts oder die Gesichtswerte ($3.3 \sqrt{H}$ km) bei durchsichtiger Luft rund 10 km, so daß die Genauigkeit in der nautischen Ortsbestimmung in diesem Falle bis auf ein Viertel der Gesichtswerte geschätzt werden kann. Für einen Ballon dagegen, der z. B. nach einer aeronautischen Ortsbestimmung über den Wolken zur Landung heruntergeht, beträgt noch in 300 m Höhe die Gesichtswerte bei durchsichtiger Luft fast 60 km, so daß in diesem Falle die astronomische Orientierung auch bis auf ein Viertel der Gesichtswerte zutrifft, ganz abgesehen von der sonst viel gefahrloseren Navigation in der von Hindernissen freien Luft. Dazu kommt noch, daß nicht nur die Ausführung aeronautisch-astronomischer Messungen durch die Korbbewegungen im Freiballon und die Gondelerschütterungen im Motorluftschiff erschwert werden, sondern daß auch die sofort gebotene Auswertung der Ballonbeobachtungen in der Gondel für den Ballonführer eine relativ viel größere Leistung darstellt als die Ausführung der Schiffsrechnung für den Navigationsoffizier an Bord. Aus allen diesen Gründen liegt es sogar im Interesse einer allgemeinen Anwendung der aeronautischen Ortsbestimmung, im Ballon mit möglichst einfachen Beobachtungsinstrumenten und nach möglichst abgekürzten Näherungsrechnungen zu arbeiten, also im allgemeinen auf größere Genauigkeiten zu verzichten. Die alsbald im einzelnen (Abschnitt IV) durch Beispiele erläuterte Herleitung astronomischer Ballonorte, getrennt für Nacht- und Tagfahrten, wird deshalb sogar außer der genaueren Berechnung nach besonderen Tabellen noch eine genäherte Auswertung der Beobachtungen mit abgekürzten Tabellen und gelegentlich sogar eine rohe Rechnung mit dem Transformator bringen, damit der Ballonführer möglichst schnell auch ein Näherungsergebnis erhalten kann. Auf diese Weise gelingt es nach den Erfahrungen des Verfassers, z. B. während der Nachtfahrt aus je einer Höhenmessung des Polarsterns und eines Sterns im Ersten oder Ostwest-Vertikal in wenigen Minuten Breite und Länge in der Gondel zu rechnen.

Bei dieser Gelegenheit sei ferner auf einige aus der Theorie der Ortsbestimmung folgende allgemeine Vorschriften zur vorteilhaftesten Anordnung der Beobachtungen an der Himmelssphäre aufmerksam gemacht, die auch für die astronomische Orientierung im Ballon von Wichtigkeit sind.

Anordnung der
Beobachtungen.

Höhenmessungen zur Bestimmung der geographischen Breite werden am zweckmäßigsten an solchen Gestirnen angestellt, die in oder nahe dem Meridian (Nordsüd-Richtung) stehen; alsdann haben Fehler in der angenommenen Ortszeit (Länge) und in der gemessenen Höhe den geringsten Einfluß auf die gesuchte Breite.

Höhenmessungen zur Herleitung der Ortszeit oder indirekt der geographischen Länge sind dagegen am vorteilhaftesten an Gestirnen in oder nahe dem ersten Vertikal (Ostwest-Richtung) auszuführen, weil bei dieser Stellung der Gestirne etwaige Fehler in der angenommenen Breite und in der gemessenen Höhe im Minimum auf die gesuchte Zeit einwirken.

Hieraus folgt die allgemeine Vorschrift, daß zur Breitenbestimmung Gestirnhöhen nahe dem Meridian und zur Längenermittlung Gestirnhöhen nahe dem Ostwest- oder I. Vertikal gemessen werden, eine Forderung, der nachts bei Auswahl geeigneter heller Sterne (Tafel 10) stets genügt werden kann. Am Tage dagegen gestaltet sich, außer wenn Sonne und Mond gleichzeitig sichtbar sind, die Ortsbestimmung schwieriger, da meistens nur das Tagesgestirn allein zur Verfügung steht. Dann müssen für eine vollständige Ortsbestimmung (φ , λ) außer Höhenmessungen ($h_{\odot}$) noch Azimuteinstellungen ($a_{\odot}$) der Sonne gemacht werden; je nachdem die Sonne näher zum Meridian oder zum ersten Vertikal steht, wird aus $h_{\odot}$ die Breite und aus $a_{\odot}$ die Länge oder aus $a_{\odot}$ die Breite und aus $h_{\odot}$ die Länge hergeleitet. Hierbei ist für die Zeitfixierung und Reihenfolge bei der Ausführung der Beobachtungen noch zu beachten, daß im Meridian Höhenänderungen ein Minimum, Azimutänderungen ein Maximum aufweisen, während im ersten Vertikal gerade umgekehrt die Höhe am schnellsten, das Azimut viel langsamer sich ändert. Steht also die Sonne nahe dem Meridian, so wird erst die Höhe, dann das Azimut beobachtet und die Ballonposition auf das Zeitmoment des letzteren bezogen; umgekehrt verfährt man bei Stellung der Sonne in der Nähe des Ostwest-Vertikals. Bei einer nur näherungsweise mit Benutzung des

Transformators durchzuführenden Rechnung des Ballonortes findet man übrigens aus Höhe und Azimuth der Sonne in Verbindung mit der Deklination sofort Breite und Stundenwinkel.

Nachts kann der eben erörterte Fall, daß außer Höhen- auch Azimutmessungen zur Herleitung des Ballonortes auszuführen sind, abgesehen von dem Spezialfalle, daß Breite und Länge allein nach dem Polarstern (S. 37) hergeleitet werden sollen oder etwa eine Kompaßkontrolle erwünscht ist, eigentlich nur dann eintreten, wenn etwa bei bedecktem Himmel nur der Mond durch Wolken- schleier oder Lücken sichtbar ist. Zur Beurteilung der astronomischen Sichtbarkeit des Mondes diene daher die einfache Regel, daß unser Satellit in der Phase des ersten Viertels den ersten Teil, beim letzten Viertel den letzten Teil der Nacht scheint, als Vollmond aber die ganze Nacht hindurch sichtbar bleibt.

Ausrechnung.

Bevor nun die einzelnen Aufgaben der Breiten- und Längenbestimmung im Ballon mit Formel, Schema und Beispiel durchgeführt werden, sollen an dieser Stelle zur Aufklärung erst noch die Erfahrungen des Verfassers hinsichtlich der zweckmäßigsten rechnerischen Lösung dieser aeronautisch-astronomischen Aufgaben während der Fahrt kurz mitgeteilt werden. Auch der Verfasser glaubte früher¹¹⁾ vom theoretischen Standpunkte aus, daß in der Aeronautik ebenso wie in der Nautik die graphische Methode der »Standlinien«, aus dem sogenannten Sumner-Verfahren (Eintragung von Linien gleicher Gestirnshöhe in die Merkator Karte) weiter entwickelt, die zweckmäßigste Auswertung eines astronomischen Ballonortes darstelle. Praktische Versuche bei den Ballonfahrten ließen ihn jedoch bald erkennen, daß die mit dieser sonst vorzüglichen Methode verbundenen Reduktionen und Zeichnungen in der Gondel ziemlich lange aufhalten und den Nichtfachmann leicht zu Irrtümern führen. Es wurde deshalb zu der im folgenden vorgeschlagenen, durch kurze Tafeln erleichterten direkten und getrennten Auswertung von Breite und Länge übergegangen, nachts aus je einer Höhenmessung (z. B. Polarstern und Ostwest-Stern) und am Tage aus Höhe nebst Azimut der Sonne. Auch in dem ungünstigen Falle, daß nur Höhen der Sonne (keine Azimute) gemessen werden können, empfiehlt es sich zumeist, entweder die

¹¹⁾ Vgl. Marcuse, Protokoll der III. Versammlung der Intern. Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt, Straßburg 1902. Handbuch der geographischen Ortsbestimmung, Braunschweig 1905. Illustrierte Aeronautische Mitteilungen 1907 Heft 1.

Breite (Sonne näher dem Meridian) oder die Länge (Sonne näher dem ersten Vertikal) direkt auszurechnen und nach einiger Zeit eine neue Positionsbestimmung auszuführen. Eine Versegelung von der ersten zur zweiten Position kennt man beim Fehlen der Orientierung nach unten in der Gondel nicht, daher versagt in diesem Falle die Standlinienmethode zur Ermittlung des Ballonorts. Außerdem ist nicht einmal darauf Verlaß, daß die einzelne Standlinie für längere Zeit der Flugbahn des Ballons entspricht, wenn der Ballon etwa die Höhenlage wechselt oder der Wind sogar in derselben Höhenschicht sich dreht ¹²⁾.

Im folgenden Abschnitt IV sind daher die einzelnen Aufgaben im Ballon, getrennt für Nacht- und Tagfahrten, stets mit direkter Auswertung von Breite und Länge und unter Beifügung von Formel, Schema und Beispiel, zusammengestellt. Ferner sind zumeist die Rechnungen einmal als *genäherte*, mit Benutzung abgekürzter Tafeln (V) oder gelegentlich auch des Transformators, und zweitens als *genauere* nach der einfachen und übersichtlichen Tabelle der Merkatorfunktionen (s. Tafel 9) durchgeführt worden. Für die Theorie dieser sogenannten Funktionen der wachsenden Breite, die gleichfalls aus den Grundlagen des Sumner-Verfahrens sich entwickelte und besonders von Börgen ausgestaltet wurde, sei auf des Verfassers Handbuch der geographischen Ortsbestimmung (1905) verwiesen, wo bereits die Verwendung der Merkatorfunktionen für astronomische Rechnungen im Ballon vorgeschlagen und durch Beispiele erläutert worden ist. An dieser Stelle diene zum besseren Verständnis der mit den Merkatorfunktionen auszuführenden Berechnungen nur folgendes

Die Merkator- oder Seekarte, bei welcher die Längengrade überall gleiche lineare Größe, die Breitengrade aber vom Äquator zu den Polen proportional der Sekantenfunktion der Breite ($\sec\varphi$) wachsen, führt unmittelbar zu den Rechnungen mit Merkatorfunktionen oder Funktionen der wachsenden Breite. Der lineare Abstand irgendeines Breitenparallels vom Äquator auf einer für die Kugel mit dem Radius 1 entworfenen Merkatorkarte,

¹²⁾ Es wäre möglich, daß im Motorballon, in welchem eine Art Schiffsrechnung nach Kurs und Eigengeschwindigkeit z. B. bei Anwendung geeigneter aeronautischer Logvorrichtungen geführt werden könnte, sich gelegentlich auch die Methode der Standlinien mit Vorteil anwenden ließe. Darüber müßten noch besondere Versuche angestellt werden, die der Verf. auszuführen gedenkt, sobald ihm auch Fahrten im Motorballon zur Verfügung stehen.

ausgedrückt in Bogenminuten, heißt *Merkatorfunktion*. Dieselbe wird durch alle Quadranten als Funktion ($f x^0$) und Ko-funktion [$\text{cof } x^0 = f(90^0 - x^0)$] numerisch tabuliert und ersetzt die gewöhnlichen logarithmisch-trigonometrischen Tabellen nebst anderen Hilfstafeln, wobei die Rechnungen zugleich einfacher, sicherer und übersichtlicher werden. Bei dieser Tabulierung genügt es, in Analogie mit den trigonometrischen Funktionen, die bei den Aufgaben der Ortsbestimmung durch Merkatorfunktionen ersetzt werden, die Werte von $f(x)$ und $\text{cof } (x)$ nur für den ersten Quadranten zu tabulieren (s. Tafel 9 nebst Erläuterung); graphische Eintragungen in die Karte, wie sie für die Methode der Standlinien nötig sind, bei der natürlich auch nach Merkatorfunktionen gerechnet werden kann, fallen dabei fort.

IV. Formeln, Schemata und Beispiele der Ortsbestimmung im Ballon.

Allgemeine Bezeichnungen und Erklärungen.

h_0 = Höhe, am Instr. abgelesen.	nach Osten vormittags entsprechend dem Stundenwinkel zu zählen.
I = Indexfehler (vorher bestimmt oder dem Instr. beigegeben).	a = Astronomisches Azimut, ebenso gezählt; $a = a^\circ - d$ für westliche, $a = a^\circ + d$ für östliche magnetische Abweichung. Für Sonnenbeobachtungen (vorm. oder nachm.) s. S. 44
R = Refraktionskorrektion (Taf. 3, stets negativ an h_0).	U = Uhrzeit nach der Uhr.
h = wahre Höhe = $h_0 + I - R$.	ΔU = Uhrkorrektion (vorher durch Uhrvergleichung bestimmt).
δ = Deklination des Gestirns oder Abstand desselben vom Himmelsäquat. (N. J. od. Tafel 10.)	α = Rektaszension des Gestirns oder Abstand desselben vom Frühlingspunkt ($\alpha = 0^h$) N. J. oder Taf. 10.
φ_0 = Geschätzte Breite (meist nur auf ganze Grade).	t = Stundenwinkel des Gestirns (t_w westlich, t_o östlich vom Südmeridian, obere Kulmination).
φ = Gesuchte Breite.	θ = Orts-Sternzeit = $\alpha + t_w$ oder $\alpha - t_o$ (s. S. 28).
d = Magnetische Deklination für das Nordende der Kompaßnadel oder Abweichung der magnetischen von der astronomischen Nordrichtung (in Deutschland, Karte II, westlich).	λ_0 = Geschätzte Länge gegen Greenwich (meist nur auf ganze Grade oder Zeitminuten).
a° = Magnetisches Azimut, entweder von Norden über O, S, W oder auch von Süden über W, N, O meist von 0° bis 360° gezählt. Bei Sonnenbeobachtungen (s. S. 44) empfiehlt es sich, a° von Süden (O. C.) nach Westen nachm. oder	λ = Gesuchte Länge gegen Greenwich (westlich oder östlich).

Zeitgleichung: $Z_{\text{tgl.}} = M.Z. - W.Z. (N. J.)$, a.m. = vormittags Sonnenbeobachtungen.
 p. m. = nachmittags; $M.Z. = W.Z. + Z_{\text{tgl.}}$, $W.Z. = M.Z. - Z_{\text{tgl.}}$
 p. m. $W.Z. = t_w$, westlicher Stundenwinkel der Sonne; a. m. $W.Z. = 12^h - t_o$ (bürgerliche Zeitrechnung 12^h = Mittag).

Sternbe-
obachtungen.

Orts-Sternzeit $\vartheta = \alpha + t_w$, falls $\alpha + t_w > 24^h$, werden 24^h abgezogen. Orts-Sternzeit $\vartheta = \alpha - t_o$, falls $t_o > \alpha$, wird zu α 24^h addiert. $t_w = \vartheta - \alpha$, falls $\alpha > \vartheta$, werden 24^h zu ϑ addiert; $t_o = \alpha - \vartheta$, falls $\vartheta > \alpha$, werden 24^h zu α addiert (astronomische Zeitrechnung $0^h - 24^h$, 0^h = Mittag, 12^h = Mitternacht). Stern Zt. $>$ Mittl. Zt. pro Tag um rund 4 Minuten.

Zur Verwandlung von M. Z. in St. Z. wird zur M. Z. die Reduktion aus Tafel 2 + St. Z. im Mittl. Mittag des Beobachtungstages (N. J.) hinzugefügt. — Zur Verwandlung von St. Z. in M. Z. wird von der Sternzeit die St. Z. in M. Mittag subtrahiert (N. J.) und von dieser Differenz noch die entsprechende Reduktion auf M. Z. (Tafel 2) abgezogen.

A. Ortsbestimmung bei Nacht.

Beobachtung: Zwei Gestirnhöhen mit dem Libellenquadranten messen (Instrument senkrecht halten, elektrisch beleuchten) und jedesmal die Uhrzeit notieren; eine Höhe in Nord-Süd (am besten Polarstern) für Breite φ und die andere in Ost-West (Stern, Planet oder auch Mond) für Länge λ .

Breite φ nachts.

Zur Bestimmung der Breite nachts im Ballon dient vor allem der Polarstern, dann, falls derselbe nicht zu beobachten ist, ein heller Stern nahe dem Meridian und endlich im Notfalle auch ein heller Stern weiter ab vom Meridian.

1) φ Breite aus der Höhe des Polarsterns.

1) φ Polaris.

Höhe einstellen, erst Uhr, dann Höhenkreis ablesen; Zeitangaben genügen auf ganze Minuten, Winkelgrößen auf ganze Bogenminuten.

Formel: $\varphi = h + \Delta h$ (Tafel 4, mit genäherter Orts-Sternzeit einzugehen).

Schema: Uhrzeit (Greenw.) ..	h_o
λ_o gegen Greenw.	I
Mittl. Ortszt.	R (Tafel 3) —
+ Red. auf Sternzt. (Tafel 2).	h
+ St. Zt. im M. Mittag (N. J.).	Δh (Tafel 4)
Orts-Sternzt.	$\varphi =$

Beispiel: 1908 Sept. 18 Nachtfahrt; Polarstern. Beob. A. M.

U (Greenw.)	13 ^h 48 ^m	h ₀	54° 30'
λ ₀ Östl. Gr.	+ 48	I	— 7
M. Ortszt.	14 36	R (Taf. 3)	— 0
+ Red. St. Zt. (Taf. 2) +	2	h	54 23
+ St. Zt. M. M. (N. J.) +	11 48	Δh (Taf. 4) —	1 8
Orts. St. Zt.	2 ^h 26 ^m	φ =	53° 15'
			Abweichung gegen richtige Ortsbreite 5'

Ein Fehler sogar bis zu 20 Zeitminuten oder 5° in der angenommenen Länge λ₀ gibt im Maximum nur einen Fehler bis zu 6' in der Breite aus Polarishöhen. Die Verwandlung in Zeit der aus der Karte meist in Graden entnommenen Längen gegen Greenwich gibt Tafel 1¹³⁾.

2) φ Sternhöhe nahe Meridian (bis 1^h 20^m oder 20° Ost-West-Abstand).

2) φ Stern nahe Meridian.

Man findet zunächst die astronomische Meridianrichtung im Ballon genähert durch direkte Visierung auf Polaris oder genauer durch Einstellung am Peilkompaß auf Polaris, der stets bis auf wenige Grade im Meridian steht (Tafel 5). Außerdem hilft Tafel 10 mit der Liste von hellen Fixsternen und ihren Kulminationsdaten für 8^h, 12^h, 4^h nachts zur Auffindung geeigneter Sterne nahe dem Meridian. Endlich gestatten auch, falls der Mond oder einer der großen Planeten in Frage kommt, die Angaben des N. J. betreffend die Meridiandurchgangs-Zeiten jener Gestirne ein Urteil über den Abstand derselben vom Meridian.

Formel: Nur für Gestirne südlich vom Zenith

$$\varphi = \delta + (90^\circ - h) - C. (t^2/60)'$$

Zeitangaben auf ganze Minuten, Winkelgrößen auf Bogenminuten, Breitenkorrektion $C. (t^2/60)'$ aus Tafel 7 stets negativ, da die Breiten aus Höhen außerhalb des Meridians ohne Korrektion immer zu groß herauskommen.

¹³⁾ Gerade die einfache und schnell auswertbare Breitenbestimmung nach dem Polarstern ist jedem Ballonführer, der sich in die astronomische Ortsbestimmung im Ballon einarbeiten will, zuerst zu empfehlen. Die Freude an den mit dieser einfachen Methode ziemlich mühelos gewonnenen Resultaten wird ihn zum Studium auch der anderen Aufgaben der Ortsbestimmung anregen.

Schema: U (Greenw.)	h_0
λ_0 gegen Gr.	I
M. Ortszt.	R —
+ Red. St. Zt. (Tafel 2)	h
+ St. Zt. M. M. (N. J.)	$90^\circ - h$
Orts-Sternzt. ϑ	δ (N. J. oder Tafel 10)
α (N. J. oder Tafel 10)	$90^\circ - h + \delta$
Stundenwinkel $t = \vartheta - \alpha$	C. $(t^2/60)'$ —
$(t^2/60)'$ nach Tafel 7 ^a	$\varphi =$
C. nach Tafel 7 ^b	
C. $(t^2/60)'$	

Beispiel: 1908 Febr. 24. Abds. β Orionis (Süd). Beob. A. M.

U (Greenw.)	7 ^h	1 ^m	h_0	27°	56'
λ_0 östl. Gr.	+	54	I	—	4
M. Ortsz.	7	55	R (Tf. 3)	—	2
+ Red. St. Zt. (Taf. 2) +		I	h	27	50
+ St. Zt. M. M. (N. J.) +	22	12	$90^\circ - h$	62	10
Orts St. Zt. ϑ (30 ^h —24 ^h)	6	8	δ (Tf. 10) —	8	18
α (Tafel 10)	5	10	$90^\circ - h + \delta$	53	52
$t = \vartheta - \alpha$		58 ^m	C. $(t^2/60)'$ —	1	18
$(t^2/60)'$ (Tafel 7 ^a)	56	56.1	$\varphi =$	52°	34'
C (Tafel 7 ^b)	22	1.4	Abweichung gegen richtige Ortsbreite 3'		
C. $(t^2/60)'$ =		78'			

Spezialfälle von
 φ : Südsterne im
Meridian.

Kann man einen Südsterne ziemlich genau im Meridian beobachten (bis auf 10^m oder 2°,5 östlich oder westlich davon), wozu sich in mittleren Breiten Sterne von $+12^\circ$ bis -20° Deklination (Tafel 10 Stern Nr. 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 17, 21, 23) im Ballon besonders eignen, so folgt aus der Meridianhöhe eine innerhalb 6' genäherte Breite schon nach der einfachen Formel: $\varphi = \delta + (90^\circ - h)$.

In diesem Falle liefert übrigens auch die bekannte Rektaszen- sion des Sterns (im Meridian $\alpha = \vartheta$) unmittelbar eine genäherte Kenntnis der Orts-Sternzeit, natürlich mit einem Fehler gleich dem Betrag des kleinen Stundenwinkels; vergleicht man diese aus α (N. J.) folgende Orts-Sternzeit mit der in Sternzeit verwandelten

Uhrangabe (U_* Greenwich), so ergibt sich eine rohe Schätzung der jeweiligen Länge gegen Greenwich, also $\lambda_0 = (U)_* - \vartheta$.

Dasselbe gilt in mittleren Breiten für Zirkumpolarsterne Zirkumpolarsterne in unterer Kulmination. in unterer Kulmination, die also unterhalb des Polarsterns (da alsdann $h < \varphi$) den Nordmeridian passieren (z. B. die Sterne des großen Bären Tafel 10, Karte I) und von der Ballongondel aus ebenfalls bequem zu beobachten sind. Alsdann ergibt die einfache Formel für eine Meridianhöhe in unterer Kulmination: $\varphi = (90^\circ + h) - \vartheta$ die Ortsbreite.

Für die geschätzte Länge nimmt man in diesem Falle wegen der unteren Kulmination eine um 12^h kleinere Rektaszension des Sterns, so daß $\lambda_0 = (U)_* - (\alpha - 12^h)$ wird.

Beispiel: Südstern β Orionis (Meridian nach Polaris gepeilt)
1908 Febr. 19. Beob. A. M.

U (Greenw.)	6 ^h 25 ^m	h_0	29° 13'	
+ Red. St. Zt. (Taf. 2) +	1	I	0	Abweichung
+ St. Z. M. M. (N. J.) +	21 52	R	— 2	gegen richtige
Gr. St. Zt. ($28^h - 24^h$) (U) _*	4 18	h	29 11	Ortsbreite $0'$
α (Tafel 10) = ϑ	5 10			
$\lambda_0 = (U)_* - \alpha$	0 ^h 52 ^m	$90^\circ - h$	60 49	Abweichung
östl. Greenw.		ϑ (Tf. 10) —	8 18	gegen richtige
		$\varphi =$	52° 31'	Länge 1 ^m , 5

Nordstern ζ Ursae maj. in U. C. (Meridian mit Polaris geschätzt) 1908 Nov. 26. Beob. A. M.

U (Greenw.)	8 ^h 3 ^m	h_0	18° 6'	
+ Red. St. Zt. (Taf. 2) +	1	I	0	Abweichung
+ St. Zt. M. M. (N. J.) +	16 20	R	— 3	gegen richtige
Gr. St. Zt. (U) _*	0 24	h	18 3	Ortsbreite 10'
$\alpha - 12^h$ (N. J.) = Orts St. Zt.	1 20			
λ_0	— 56 ^m	$90^\circ + h$	108 3	Abweichung
östl. Greenw.		ϑ (N. J.)	55 24	gegen richtige
		$\varphi =$	52° 39'	Länge 2 ^m , 5

3) φ Sternhöhe weiter ab vom Meridian (nur gelegentlich).

Wenn z. B. der Himmel teilweise bewölkt ist oder wenn 3) φ Sternhöhe weit ab vom Meridian. aus anderen Gründen die Beobachtung eines Sterns dicht am Meridian nicht gelingt, so läßt sich auch eine Sternhöhe weiter

ab vom Meridian zur Breitenbestimmung verwenden. Die Winkelangaben erfolgen auf die ganze Bogenminute, die Zeitangaben bis auf einige Sekunden. Sternhöhe einstellen, Uhrzeit notieren, Kreis am Libellenquadranten ablesen.

Je nachdem die Berechnung eine g e n ä h e r t e, in diesem Falle mit dem Transformator, oder eine genauere nach der Tabelle der Merkatorfunktionen (Tafel 9) ist, werden die Daten auf Zehntel Grade oder ganze Bogenminuten abgerundet.

Schema: U (Greenw.)	h_0
ΔU	I
λ_0 gegen Gr.	R —
Mittl. Ortszt.	h
+ Red. auf St.-Zt. (Taf. 2)	δ (Tafel 10)
+ St.-Zt.-M. M. (N. J.)	
Orts-St.-Zt. ϑ	
α (Tafel 10)	
$t = \vartheta - \alpha$	
in Bogen t° mit Taf. I	

Beispiel: 1908 Sept. 15 α Aquilae Beob. A. M.

U (Greenw.)	$8^h 51^m 30^s$	h_0	$42^\circ 14'$
ΔU Uhrkorr.	+	I	— 7
λ_0 gegen Gr.	+	R	— 1
M. Ortszt.	9 45 10	h	$42^\circ 6'$
Red. St.-Zt. (Taf. 2)	+	δ (N. J.)	+ $8^\circ 38'$
St.-Zt. M. M. (N. J.)	+		
Orts-St.-Zt. ϑ	21 22 49		
α (N. J.)	19 46 19		
$t^h = \vartheta - \alpha$	+	$1^h 36^m 30^s$	
t° (Tafel I) westl.	$24^\circ 7'$		

Genäherte
Rechnung.

a) Genäherte Rechnung mit Transformator (in der Gondel). Auf dem äquatorialen Koordinatennetz wird der Punkt (t, δ) , der dem Stundenwinkel und der Deklination des Sterns entspricht, eingetragen und die Zelluloidscheibe so lange gedreht, bis der zur beobachteten Höhe h gehörige Höhenkreis auf dem Horizontal-Koordinatennetz durch den bezeichneten Punkt (t, δ) hindurchgeht. Alsdann gibt die Stellung der beweglichen zur festen

Scheibe am Rande bei P unmittelbar die Polhöhe oder geographische Breite des Beobachtungsortes nach der auch auf dem Transformator gegebenen ausführlichen Anweisung.

Für die Lösung der vorliegenden Aufgabe ist der Körbersche Transformator trotz weniger genauer, aber Nachts besser ablesbarer Teilung deshalb vorzuziehen, weil bei ihm die obere rotgeteilte Drehscheibe aus Zelluloid Äquatorkoordinaten enthält (bei dem Transformator von Kohlschütter Horizont-Koordinaten), so daß unmittelbar der Punkt (t, δ) auf derselben mit Tinte oder Tintenstift markiert werden kann. Dann dreht man, wie nochmals wiederholt sei, die rote Scheibe so lange, bis der markierte Punkt (t, δ) auf den der Sternhöhe h entsprechenden schwarzen Höhenkreis kommt und liest aus der Stellung von P über der schwarzen Scheibe sofort die Polhöhe oder Breite ab.

Für die genäherte, meist allerdings ziemlich rohe Rechnung mit dem Transformator (Körper) genügt es, aus dem oberen Beispielt $= 24^\circ$, $\delta = 8^\circ,5$, $h = 42^\circ$ zu nehmen. Punkt $(t\ 24^\circ; \delta\ 8^\circ,5)$ wird auf das rote Koordinatennetz eingezeichnet und dieselbe Polarscheibe so lange gedreht, bis jener Punkt (t, δ) mit dem zu $h = 42^\circ$ gehörigen Höhenkreise koinzidiert. Dann ergibt unmittelbar die Lage von P am Westhimmel $\varphi = 52^\circ,5$.

- b) Genauere Rechnung mit Merkatorfunktionen
(eventuell bei späterer Berechnung der Fahrt).

Formel¹⁴⁾:

$$\begin{aligned} f\varphi &= f(90^\circ - h + \delta) - f\delta \\ \operatorname{cof} \xi &= 2 \operatorname{cof} t - \operatorname{cof} \xi_1 \\ f\xi_1 &= f\varphi_0 + f(90^\circ - h - \delta) \end{aligned}$$

Breite φ wird also aus den Hilfsgrößen ξ und ξ_1 nach Tafel 9 hergeleitet unter Zugrundelegung eines genäherten Breitenwertes, der aber nur auf ganze Grade geschätzt zu werden braucht.

Schema: Zunächst sind wie oben S. 32 die Größen t , $90^\circ - h$ und δ bis auf die Bogenminute zu nehmen. Dann

¹⁴⁾ Für nähere Einzelheiten s. S. 23 und vor allem die Originalabhandlung von Börgen, Über die Auflösung nautisch-astronomischer Aufgaben mit der Tabelle der Merkatorfunktion (Archiv Deutsche Seewarte 1898).

Marcuse, Astr. Ortsbest. i. Ballon.

$f \varphi_0$	$\text{cof } t$	$f (90^\circ - h + \delta) \dots$
$+ f (90^\circ - h - \delta) \dots$	$2 \text{ cof } t$	$- f \xi$
$f \xi_1$	$-\text{cof } \xi_1$	$f \varphi$
dazu auf- schlagen $\text{cof } \xi_1$	$\text{cof } \xi$	φ
	dazu $f \xi$	

Beispiel: Dasselbe wie oben 1908 Sept. 15 α Aquilae

$$t = 24^\circ 7', \delta = 8^\circ 38', h = 42^\circ 6', \varphi_0 53^\circ$$

$$90^\circ - h = 47 \quad 54 \quad ,$$

$$90^\circ - h - \delta = 39^\circ 16'$$

$$90^\circ - h + \delta = 56 \quad 32$$

Nun nach Taf. 9 die Funktionen
und Kofunktionen aufschlagen.

$f \varphi_0$	3764	$\text{cof } t$	5307	$f (90^\circ - h + \delta)$	4132
$+ f (90^\circ - h - \delta)$	2566	$2 \text{ cof } t$	10614	$- f \xi$	432
$f \xi_1$	6330	$-\text{cof } \xi_1$	1100	$f \varphi$	3700
$\text{cof } \xi_1$	1100	$\text{cof } \xi$	9514	$\varphi = 52^\circ 21'$	
		$f \xi$	432	Abweichung gegen richtige Ortsbreite 7'.	

Setzt man für den Näherungswert der Breite nicht 53° ,
sondern 52° , so kommt fast genau dasselbe ($\varphi = 52^\circ 19'$) heraus.

Länge λ nachts.

Zur Bestimmung der Länge nachts im Ballon dienen Höhen von Gestirnen in der Nähe des zum Meridian senkrechten Ostwest- oder Ersten Vertikals. Im Notfalle kann bis zu 30° oder 2^h auf beiden Seiten von diesem Vertikal abgegangen werden. In solcher Stellung finden sich stets geeignete helle Sterne (Tafel 10), manchmal auch große Planeten oder der Mond.

1) λ Länge aus Gestirnshöhen nahe dem I. Vertikal.

1) λ Gestirns-
höhe
nahe I. Vertikal

Höhe messen, erst Uhr notieren, dann Höhenkreis ablesen;
Zeitangaben auf Zehntel Zeitminuten, Winkelgrößen auf ganze
Bogenminuten.

Formel: $\lambda = \text{M. Z. Greenwich (Uhr)} - \text{M. Z. Beobachtung (aust.)}$.

Schema: U (Greenw.)	h_0	φ (Polaris)
ΔU	I	δ (Tafel 10)
M. Z. Greenw.	R —	$\varphi - \delta$
	h	

Nunmehr erfolgt die Berechnung des Stundenwinkels etwa bis auf $30''$ oder $7'.5$ genau unmittelbar durch Addition dreier Zahlen, die aus Tafel 8 A, B gefunden werden und mit deren Summe in Tafel 8 C eingegangen wird.

mit φ aus Tafel 8 A.....	α (Tafel 10)
„ δ „ „ 8 A.....	t_o t_w
„ $\varphi - \delta$ } „ „ 8 B.....	$\vartheta = \alpha + t_w$
„ h } „ „ 8 B.....	$= \alpha - t_o$
Summe	St. Z. M. M. (N. J.) —
(falls über 3 Ziffern, erste Ziffer fortlassen)	Red. auf M. Z. (Taf. 2) —
Mit Summe aus Taf. 8 C t =	M. Z. Beobachtung
	(U) M. Z. Greenw.....
	λ

Beispiel: a) 1908 Sept. 18. Nachtfahrt α Orionis Ost. Beob. A. M.

U (Greenw.) $12^h 29^m.5$	h_o	$18^\circ 4'$	φ (Polaris)	$52^\circ 42'$
ΔU + 0.3	I	— 7	δ (Tafel 10)	+ 7 23
M. Z. Greenw. $12 \quad 29.8$	R (Taf. 3)	— 3	$\varphi - \delta$	45 19
	h	17 54		

Mit φ $52^\circ.7$ aus Tafel 8 A	217
„ δ 7.4 „ „ 8 A	4
„ $\varphi - \delta$ ($45^\circ.3$) „ „ 8 B	602
„ h 17.9	823
Mit 823 aus Tafel 8 C $t_o = 4^h 41^m.5$	

α (Tafel 10)	$5^h 50^m.3$
t_o	4 41.5

$\vartheta = \alpha - t_o$	1 8.8
St. Z. M. M.	— 11 47.9

$(25^h - 11^h)$	13 20.9
Red. M. Z. (Taf. 2)	— 2.2

M. Z. Beobachtung	13 18.7
M. Z. Greenw.	12 29.8

λ (Gr. — Beob.) =	— $0^h 48^m.9$ östl. Gr.	Abweich. geg.
(Tafel 1) =	$12^\circ 14'$ östl. Gr.	genaue Länge
		$0^m 0 = 9'$

Beispiel: b) 1908 Sept. 18. Nachtfahrt Mond Ost. Beob. A. M.

U (Greenw.)	14 ^h 12 ^m .8	h_0	34° 34'	φ (Polaris)	53° 17'
ΔU	+ 0.3	I	— 7	δ (N. J.)	+ 23 49
M. Z. Greenw.	14 13.1	Beschickg.	+ 46	Green. 14 ^h .2	
		(Tafel 3 ^b)		$\varphi - \delta$	29 28
		h))	35 13		

Mit φ	53° 3	aus Tafel 8 A	224
„ δ	23.8	„ „ 8 A	39
„ $\{\varphi - \delta\}$	29.5	„ „ 8 B	472
„ $\{h\}$	35.2		735

Mit 735 aus Tafel 8 C $t_0 = 4^h 11^m.5$

α (N. J.) Green. 14 ^h 2	7 ^h 2 ^m .8	
t^0	4 11.5	
$\vartheta = \alpha - t_0$	= 2 51.3	
St. Z. M. M.	— 11 47.9	
(26 ^h — 11 ^h)	15 3.4	
Red. M. Z.	— 2.5	
M. Z. Beob.	15 0.9	
M. Z. Greenw.	14 13.1	Abweich. geg. genaue Länge
λ östl. Gr.	— 0 ^h 47 ^m .8	om.5 = 7'.5
(Tafel 1)	= 11° 57' östl. Gr.	

Beispiel: c) 1908 Juni 16. Venus West. Beob. A. M.

U (Greenw.)	7 ^h 41 ^m .2	h_0	11° 44'	φ (Polaris)	52° 32'
ΔU	0.0	I	— 4	δ (N. J.)	+ 22 2
M. Z. Greenw.	7 41.2	R	— 5	$\varphi - \delta$	30 30
		h	11 35		

Mit φ	52° 5	aus Tafel 8 A	215
„ δ	22.0	„ „ 8 A	33
„ $\{\varphi - \delta\}$	30°.5	„ „ 8 B	822
„ $\{h\}$	11.6		070

Mit 070 aus Tafel 8 C $t_w = 6^h 40^m.0$

α (N. J.)	7 ^h 34 ^m .3	
t_w	6 40.0	
$\vartheta = \alpha + t_w$	14 14.3	
St. Z. M. M. (N. J.)	— 5 37.3	
	8 37.0	
Red. M. Z. (Tafel 2)	— 2.3	
M. Z. Beobachtung	8 34.7	Abweichung von richtiger Ortslänge $0^m.1 = 1'.5$
M. Z. Greenw.	7 41.2	
(Gr. — Beob.) $\lambda =$	— 0 ^h 53 ^m .5	östl. Gr.
(Tafel 1) =	13° 22'.5	„ „

Die Herleitung des Stundenwinkels mit Tafel 8 A, B, C aus der einfachen Addition dreier Zahlen vollzieht sich nicht nur sehr schnell und bequem während der Fahrt, sondern ist auch für die Zwecke der Ballonorientierung genau genug (etwa bis auf $0^m.5 = 7'.5$). Daher erscheint in diesem Falle weder die Anwendung des Transformators zur Erleichterung der Rechnung ratsam noch die Benutzung der Merkatorfunktionen zur Erhöhung der Genauigkeit notwendig.

2)λ Spezielle Fälle: Stern im Meridian und Polarstern.

Ist es schon bei der Breitenbestimmung gelungen, entweder einen Südsterne in Oberer oder einen Nordsterne in Unterer Culmination ziemlich genau im Meridian zu beobachten, so folgt, da in diesem Falle $\alpha = \vartheta$ (O. C.) und $\alpha - 12^h = \vartheta$ (U. C.) ist, auch sofort eine einfache Bestimmung der genäherten Länge $\lambda_0 = (U) - \vartheta$ daraus. Hierüber sind bei Erörterung der Breitenmethode 2)λ schon nähere Mitteilungen (s. S. 31), durch Beispiele belegt, gemacht worden.

2)λ Spezielle
Fälle: Stern im
Meridian.

An dieser Stelle sei nur noch der besondere Fall betrachtet, daß außer der Höhenmessung des Polarsterns noch eine Azimuteinstellung desselben mit dem Peilkompaß vorliegt. Während aus der Höhe von Polaris, wie bekannt, die Breite am besten herzuleiten ist, erlaubt die Azimuteinstellung noch eine sehr bequeme, wenn auch nur rohe Schätzung der genäherten Länge unter Zuhilfenahme der magnetischen Isogonenkarte, besonders für Deutschland. Das Prinzip dieser eigenartigen astronomisch-

Polarstern.

magnetischen Methode zur Längenschätzung ist folgendes: aus der Peilung auf Polaris wird durch Verbesserung der Kompaß-Ablesung für das stets kleine Polarisazimut nach Tafel 5 die für den Beobachtungsort geltende magnetische Deklination oder Abweichung gefunden. Da für ein großes Gebiet von Deutschland die Isogonen oder Linien gleicher magnetischer Abweichung ziemlich parallel den Längengraden verlaufen, geht man mit der aus der Polaris-höhe gefundenen Breite in Karte II ein und sucht in Länge diejenige Isogone, welche der für den Beobachtungsort gefundenen magnetischen Abweichung entspricht. Daraus folgt eine absolute Schätzung der Länge des Ballonortes sogar bei fehlerhafter Uhr, deren Angaben bei dieser Längenschätzung lediglich zur Entnahme des richtigen Polarisazimuts nach Tafel 5 gebraucht werden.

Beispiel: 1908 Okt. 7. Polaris. Beob. A. M.

U (Greenw.)	8 ^h p. m.
λ_0 östl.	+ 1
	<hr/>
	9
+ St.-Zt. M. M.	13
	<hr/>
ϑ_0 = Orts-St.-Zt.	22 ^h

Magn. Azimut von Polaris $a_n = 13^\circ$ Ost.
von N. nach Ost.

$\vartheta_0 22^h$ Polarisazimut (Taf. 5) $= 1.6$ „
 $\varphi_0 53^\circ$ (Ost —, West +)

Magnetische Deklination $d = 11^\circ.4$ West.

Zu $\varphi = 53^\circ$ und $d = 11^\circ.4$ West gehört nach Karte II $\lambda_0 = 9^\circ$ östl. Gr.

Die für Ableitung der Ortssternzeit zu schätzende Länge braucht nur ganz roh zu sein, da selbst ein Fehler von 1^h dabei im Maximum nur einen Fehler von $0^\circ.3$ in der Herleitung des Polarisazimuts und einen Maximalfehler von etwa 1° in der gefundenen geographischen Länge verursacht.

B. Ortsbestimmung bei Tage.

Beobachtung: Mit dem Libellenquadranten Höhe der Sonne $h_\odot$, mit dem Peilkompaß Azimut der Sonne $a_\odot$ messen, jedesmal Uhrzeit notieren, ehe Kreisablesung erfolgt. Steht die Sonne näher zum Meridian (t_0 oder t_w bis 2^h), so gibt $h_\odot$ die Breite, $a_\odot$ die Länge; steht die Sonne näher zum ersten Vertikal (Vorm.

oder Nachm.), so liefert $h_{\odot}$ die Länge und $a_{\odot}$ die Breite des Beobachtungsortes.

Die rohe Auswertung am Transformator mit Hilfe von h , a und δ der Sonne gibt Breite und Stundenwinkel zugleich; die daraus folgenden φ_0 und λ_0 können auch als Näherungswerte bei der genaueren Ausrechnung des Ballonorts nach den Tafeln dienen. Sind morgens oder abends etwa Sonne und Mond gleichzeitig sichtbar, so genügt je eine Höhenmessung an diesen Gestirnen, um z. B. aus $h_{\odot}$ die Länge und aus h_{M} die Breite herzuleiten (s. S. 43).

1) _{φ} Breite aus Sonnenhöhen nahe Meridian (bis $\pm 1^h 20^m$ Breite φ am Tage aus Sonnenhöhen.
Stundenwinkel).

Formel: wie bei Sternen südlich vom Zenit nahe der Oberen Culmination (Tafel 7)

$$\varphi = \delta_{\odot} + (90^{\circ} - h_{\odot}) - C. (t^2/60)'$$

Schema: U. (Greenw.)	$h_{\odot}$
ΔU	I
λ_0 gegen Gr.	R —
M. Ortsz.	$h_{\odot}$
Ztgl. (N. J.)	$90^{\circ} - h_{\odot}$
W. Ortsz.	$\delta_{\odot}$ (N. J.)
t_w, t_o	$90^{\circ} - h_{\odot} + \delta_{\odot}$
Tafel 7 ^a $t^2/60$	$C (t^2/60)'$ —
Tafel 7 ^b C	$\varphi =$
$C (t^2/60)'$	

Beispiel: 1908 Aug. 8. Tagfahrt. Sonne nahe Meridian.

Beob. Geerdts.

U (Greenw.)	11 ^h 47 ^m .3	$h_{\odot}$	54° 20'	
ΔU	—	I	0	
λ_0 gegen Gr. Ost	+ 51.0	R	— 1	
M. Ortsz.	12 38.3 p. m.	$h_{\odot}$	54 19	Azimuth nicht gemessen
Ztgl.	— 5.5	$90^{\circ} - h_{\odot}$	35 41	
	12 32.8	$\delta_{\odot}$ (N. J.) + 16	11	
$t_w =$	0 ^h 32 ^m .8	$90^{\circ} - h_{\odot} + \delta_{\odot}$	51 52	Abweichung gegen richtige Ortsbreite 2'
Taf. 7 ^a $(t^2/60)'$		C. $t^2/60$	— 36	
Taf. 7 ^b C	36 { 18.0 2.0	$\varphi =$	51° 16'	
C. $t^2/60$	36'			

Spezialfälle von
1) ☉: Sonne dicht
am Meridian.

Gelingt es, eine Meridianhöhe der Sonne zu messen, so gestaltet sich, ähnlich wie bei Sternen im Meridian, die Breitenrechnung besonders einfach. Diese einfache Herleitung der Breite kann auch dann noch im Ballon ausgeführt werden, wenn die Sonne bis zu 12 Zeitminuten vor oder nach der Kulmination beobachtet wird. Alsdann beträgt der Maximalfehler in Breite bei Vernachlässigung der Korrektion für Höhen außerhalb des Meridians auch nur etwa 6'.

$$\text{Formel: } \varphi = \delta_{\odot} + (90^{\circ} - h_{\odot})$$

Schema: U (Greenw.)	$h_{\odot}$
ΔU	I
λ_0 gegen Gr.	R —
Mittl. Ortsz.	$h_{\odot}$
Ztgl. (N. J.)	$90^{\circ} - h_{\odot}$
W. Ortsz.	$\delta_{\odot}$ (N. J.)
	$\varphi =$

Beispiel: 1908 Sept. 12. Sonne nahe Meridian. Beob. A. M.

U (Greenw.)	11 ^h 2 ^m .0	$h_{\odot}$	41° 56'	
ΔU	—	I	— 7	
λ_0 gegen Gr. Ost.	+ 53.5	R	— 1	
	11 55.5	$h_{\odot}$	41 48	^a nicht beob.
Ztgl. (N. J.)	+ 3.7	$90^{\circ} - h_{\odot}$	48 12	
W. Ortsz.	11 59.2	$\delta_{\odot}$ (N. J.)	+ 4 15	Abweichung
also nahe Kulm. 12 ^h bis auf		$\varphi =$	52° 27'	gegen richtige Ortsbreite 3'
$t_0 = 0^m.8$				

In diesem Falle würde sich, wie gleich hier bemerkt sei, sofort auch eine genäherte Längenermittlung mit einem Fehler gleich der Größe des kleinen Stundenwinkels der Sonne ergeben, wenn man die im N. J. tabulierte M. Z. des Meridiandurchgangs der Sonne für Greenwich vergleicht mit der Uhrangabe nach M. Greenw.-Zeit, also $\lambda_0 = U - \odot$ Meridian Greenwich. Im obigen Beispiel ist

$$\begin{aligned} U &= 11^h \ 2^m.0 \\ \odot \text{ M. v. Greenw. (N. J.)} &= 11 \ 56.3 \\ \lambda_0 &= - \ 54^m.3 \text{ östl. Gr. (Fehler } 0^m.8 = 12') \end{aligned}$$

Beträgt der Stundenwinkel der Sonne mehr als $1^h 20^m$, so Sonne weiter ab vom Meridian. daß die bequeme Tafel 7 (Kulminationsverbesserung) nicht zur Breitenauswertung benutzt werden kann, dann wird die Berechnung der Breite ähnlich wie bei Sternhöhen weiter ab vom Meridian (s. S. 31) entweder ganz genähert mit dem Transformator oder genauer nach der Tafel der Merkatorfunktionen (Taf. 9) ausgeführt. Die Auswertung geschieht genau so, wie dies für Gestirnhöhen außerhalb des Meridians S. 32 ausführlich beschrieben ist, nur daß im Falle der Sonnenbeobachtung der Stundenwinkel aus der wahren Zeit hergeleitet wird. Der Vollständigkeit halber seien an dieser Stelle auch hierfür Beispiele gegeben, und zwar sowohl aus einer Höhenmessung allein als auch aus einer kombinierten Höhen- und Azimutmessung (s. S. 42) zugleich.

Beispiel: a) 1908 Juli 18 Tagfahrt. Sonne Nachm.
Beob. A. M.

U (Greenw.)	$2^h 37^m .2$	p. m.	h_0	40°	$0'$	Azimut nicht beobachtet
ΔU	+	0.1	1	—	4	
λ_0 östl. Gr.	+	52.7	R	—	1	
M. Ortsz.	3	30.0	$h_\odot$	39	55	
Ztgl. (N. J.)	—	6.0	$\delta_\odot$ (N. J.)	+ 21	4	
W. Ortsz. = t_w	3	24.0				
(Tafel 1) t_w	= $51^\circ 0'$					

Auf dem Transformator (Koerber) wird in die obere äquatoriale Koordinatenscheibe Punkt $t_w = 51^\circ$, $\delta = 21^\circ$ eingezeichnet und die Scheibe gedreht, bis dieser Punkt mit der Höhe $h = 40^\circ$ auf der schwarzen Scheibe zusammenfällt. Dann ergibt sich aus der Stellung von P an der schwarzen Scheibe $\varphi = 52^\circ.5$ (richtige Ortsbreite ist $52^\circ.6$).

Will man, obwohl diese Näherungsrechnung mit dem Transformator häufig im Ballon genügt, φ genauer nach der Tabelle der Merkatorfunktionen (Tafel 9) rechnen, so sind die folgenden Formeln (s. S. 33) anzuwenden:

$$f\varphi = f(90^\circ - h + \delta) - f\xi$$

$$\operatorname{cof} \xi = 2 \operatorname{cof} t - \operatorname{cof} \xi_1$$

$$f\xi_1 = f\varphi_0 + f(90^\circ - h - \delta)$$

Aus obigem Beispiel folgt daher:

$$\begin{aligned} 90^\circ - h &= 50^\circ 5' & 90^\circ - h + \delta &= 71^\circ 9' & t &= 51^\circ 0' \\ \delta_\odot &= 21 \ 4 & 90^\circ - h - \delta &= 29 \ 1 & \varphi_0 &= 52^\circ \end{aligned}$$

f 52°	3665	cof 51°	2545	f 71° 9'	6174	
f 29° 1'	1820	2 cof 51°	5090	f δ	— 2460	
f ξ _i	5485	cof ξ _i	— 1413		3714	
cof ξ _i	1413	cof ξ	3677	φ =	52° 30'	Unterschied gegen genaue Ortsbreite 5'
		f ξ	2460			

Beispiel: b) 1908. Nov. 5, Sonne Nachm.; Beob. A. M.

U (Greenw.)	1 ^h 44 ^m .5	h ₀	12° 20'
Δ U	—	I	— 7
λ ₀ östl. Gr.	+ 53.5	R	— 4
M. Ortsz.	2 38.0	h _⊙	12 9
Ztgl. (N. J.)	+ 16.3	δ _⊙ (N. J.)	— 15 40
W. Ortsz. = t _w	= 2 54.3		
(Tafel I) t _w	43° 35'		

Nur zur genaueren Rechnung:

$$\begin{aligned} 90^\circ - h & \quad 77^\circ 51' \\ 90^\circ - h + \delta & \quad 62 \ 11 \\ 90^\circ - h - \delta & \quad 93 \ 31 \\ \varphi_0 & \quad 52^\circ \end{aligned}$$

Am Peilkompaß: Magn. Sonnen-

$$\text{Azimut } a^\circ_\odot = 52^\circ.1 \text{ S, W}$$

Auf dem Transformator (Koerber) wird oben in dem roten Koordinatennetz Punkt ($t \ 43^\circ.6$, $\delta - 15^\circ.7$) eingezeichnet und die Scheibe gedreht, bis dieser Punkt genau über der Höhe $h = 12^\circ$ auf dem schwarzen Netz liegt. Dann gibt die Stellung von P über der schwarzen Scheibe $\varphi = 53^\circ$ (richtige Breite $52^\circ.4$). Nimmt man außer der Höhe gleich das ebenfalls beobachtete Azimut der Sonne ($a^\circ_\odot = 52^\circ.1$, westl. magn. Dekl. $9^\circ.1$, also $a^\circ_\odot = 43^\circ.0$) mit, so wird zur genäherten Rechnung besser der Kohlschütter'sche Transformator verwendet (s. dasselbe Beispiel S. 49), dessen obere Scheibe Horizontalkoordinaten angibt. —

Die genauere Rechnung mit Merkatorfunktionen (Taf. 9) ergibt für die Breite:

f 52°	3665	cof 43° 35'	3152	f 62° 11'	4798
f 93" 31'		2 cof 43° 35'	6304	— f ξ	1085
= cof 3° 31'	11976 n	— cof ξ ₁	72	f ζ	3713
f ξ ₁	15641 n	also addieren		ζ =	52° 29'
cof ξ ₁ —	72	da cof ξ ₁ — 72	6376 = cof ξ	(genaue Ortsbreite	
		f ξ	1085	52° 26')	

Endlich bleibt noch der letzte spezielle Fall zu betrachten übrig, daß der Mond gleichzeitig mit der Sonne am Tage sichtbar ist und aus Mondhöhen nahe dem Meridian die Breite hergeleitet wird. Die Rechnung ist alsdann ganz ähnlich der bisher für die Sonnenbeobachtungen durchgeführten, nur folgt der Stundenwinkel des Mondes aus Ortssternzeit sowie Mondrektaszension, und an die beobachtete Mondhöhe ist außer Refraktion noch Parallaxe (beide Korrekturen zusammen als Gesamtbeschickung Tafel 3^b) anzubringen.

Mond am Tage
nahe Meridian.

Beispiel¹⁵⁾: 1905 Mai 11, Tagfahrt; Mond nahe Meridian.
Beob.: A. Wegener.

U (Greenw.)	3 ^h 42 ^m .7 p. m.
Δ U	— 0.4
λ° östl. Greenw.	+ 1 10
M. Ortsz.	4 52.3
+ Red. St. Zt.	+ 0.8
+ St. Z. M. M.	+ 3 14.2
§ Orts-St.-Z.	8 7.3
α) (N. J.)	8 56.8
§ — α = t) Ost	0 49.5
h ₀	52° 37'
I	— 10
G. Beschickg.	+ 34
h)	53 1
90° — h)	36 59
δ) (N. J.)	+ 15 9
90° — h) + δ)	52 8
C (t ² /60)' Tf. 7	— 1 22
ζ =	50 46

Abweichung
gegen richtige
Ortsbreite 1'.

¹⁵⁾ Aus des Verf. Handbuch der geogr. Ortsbestimmung, S. 337.

2) Breite aus Sonnenazimuten nahe dem ersten Vertikal.

Breite aus
Azimut der
Sonne nahe dem
ersten Vertikal.

Wenn die Sonne am Morgen oder späten Nachmittage weit ab vom Meridian nahe zum ersten Vertikal steht, muß die Breite aus dem Azimut $a_{\odot}$ hergeleitet werden. Da $h_{\odot}$ nahe dem ersten Vertikal vorteilhaft die Länge aus dem Stundenwinkel ergibt und in diesem Falle die Berechnung des Stundenwinkels durch Tafel 8 A, B, C ebenso einfach wie schnell geschieht, empfiehlt es sich, zuerst λ aus $h_{\odot}$ herzuleiten, schon um nahezu richtig die hauptsächlich mit der Länge des Beobachtungsortes variierende magnetische Deklination aus der Isogonenkarte (Karte II Deutschland, Karte III Europa) entnehmen zu können.

Zum besseren Verständnis der Herleitung des astronomischen Azimuts der Sonne aus der Kompaßpeilung auf die Sonne und aus der jeweiligen magnetischen Deklination diene die folgende Figur:

Beobachtet wird das magnetische Azimut a° des Gestirns am Peilkompaß, das gegen das astronomische Azimut a um den Betrag der magnetischen Deklination am Beobachtungsorte abweicht. Für Deutschland gilt westl. Deklination, d. h. magnetisches Nord steht westlich vom astronomischen Nord, oder auch astronomisches Süd steht westl. vom magnetischen Süd. Ist also die Sonne z. B. am Nachmittage gepeilt, wie in nebenstehender Figur $\odot_1$ p. m., so ist von Süden ab gerechnet von dem magnetischen Azimut $a^{\circ}_{\odot_1}$ die magnetische Deklination d abzuziehen, um das astronomische Azimut $a_{\odot_1}$ zu erhalten: $a_{\odot_1} = a^{\circ}_{\odot_1} - d$. Ist die Sonne vormittags gepeilt, wie in

$\odot_2$, so wird, wiederum von Süd gerechnet, $a_{\odot_2} = a^{\circ}_{\odot_2} + d$. Rechnet man das magnetische und astronomische Azimut dagegen von Norden (0° – 360°), so wird bei westl. Deklination der Betrag d stets vom magnetischen Azimut abgezogen, bei östlichen Deklinationen d stets zu $a^{\circ}_{\odot}$ addiert. Ebenso ist es, wenn man $a_{\odot}$ von Süden nicht nach West p. m. oder Ost a. m. entsprechend dem Stundenwinkel rechnet, sondern von magnetisch Süd (0°) über West, von 0° bis 360° durchzählt, da die Kompaßrose stets im Sinne des Uhrzeigers von 0° bis 360° durchgeteilt wird. Man erhält daher bei dieser der Kompaßteilung entsprechenden Zählweise aus dem magnetischen Azimut das astronomische am einfachsten, wenn man durchweg westliche Deklinationen negativ, östliche positiv rechnet.

Beispiel: 1908 Juli 18, Tagfahrt, Sonne Nachm. Beob. A. M.

U (Greenw.)	$3^h 8^m.0$	h_0	$35^\circ 36'$	$a^\circ \odot 87^\circ.5$ (von Süd über West gezählt).
ΔU	—	1	— 4	
		R (Taf. 3)	— 1	
		$h_\odot$	$35^\circ 31'$	
		$\delta_\odot$ (N. J.)	+ $21^\circ 3'$	
		$90^\circ - h$	$54^\circ 29'$	

Um aus der Isogonenkarte für Deutschland die an das beobachtete Sonnenazimut anzubringende magnetische Deklination richtig entnehmen zu können, muß zunächst aus der Sonnenhöhe $h_\odot 35^\circ 31'$ in Verbindung mit der Deklination $\delta_\odot + 21^\circ 3'$ und einer geschätzten Breite ($\varphi = 52^\circ.5$) die Länge des Beobachtungs-ortes hergeleitet werden. Dieselbe ergibt sich, wie bei B. 1)λ an demselben Beispiel (S. 47) gezeigt wird, zu $\lambda_0 = 52^m.0 = 13^\circ$ östl. Greenw. aus einem Stundenwinkel $t_w = 3^h 54^m = 58^\circ 30'$. Dieser Länge entspricht auf der Isogonenkarte für Deutschland eine Mißweisung von $9^\circ.3$ West (also —).

$$a^\circ \odot = 87^\circ.5 \text{ am Peilkompaß (von S. über W.)}$$

$$- d = \underline{9.3}, \text{ da westl. Deklin.}$$

$$a_\odot = 78^\circ.2 \text{ astron. Azimut der Sonne,}$$

bei $h_\odot = 35^\circ 31'$, $\delta_\odot = + 21^\circ 3'$.

Um zunächst mit der Näherungsrechnung die gesuchte Breite aus h , a und δ zu finden, benutzt man den Transformator, in diesem Falle am zweckmäßigsten den von Kohlschütter, da bei demselben die obere Zelluloidscheibe horizontale Koordinaten enthält. Man trägt auf derselben den Punkt ($a 78^\circ$, $h 35^\circ.5$) ein und dreht die Scheibe, bis dieser Punkt auf den der Deklination $\delta 21^\circ$ entsprechenden Kreis der unteren schwarzen Scheibe trifft. Dann gibt die Stellung von Z links auf dem schwarzen Kreis die Breite, in diesem Falle $\varphi = 53^\circ$ (genaue Ortsbreite $52^\circ 33'$). Zugleich folgt aus dem Transformator auch ein genäherter Wert für t (59°) und daher für λ_0 (54^m).

Die genaue Rechnung mit Merkatorfunktionen (Tafel 9) geschieht folgendermaßen:

$$\text{Formel: } f\varphi = f(90^\circ - h + \delta) - f\delta; \quad \text{cof } \delta = \text{cof } t + \text{cof } a.$$

Diese Formel, auf das obige Beispiel 1908 Juli 18, Tagfahrt angewendet, ergibt:

$$\begin{array}{rcl}
 \operatorname{cof} t (58^{\circ} 30') & 1993 & \\
 + \operatorname{cof} a (78^{\circ} 12') & 713 & \\
 \hline
 \operatorname{cof} \xi & 2706 & \\
 \text{dazu gehört } f \xi & 3377 & \\
 \\
 f (90^{\circ} - h + \delta) 75^{\circ} 32' & 7096 & \\
 f \xi & - 3377 & \\
 \hline
 f \varphi & 3719 & \\
 \varphi & = 52^{\circ} 31' &
 \end{array}$$

Abweichung
gegen richtige
Ortsbreite 2'

Länge λ am
Tage.

Um die Länge λ am Tage zu ermitteln, sind ebenso wie bei der Breitenbestimmung zwei Fälle zu unterscheiden, einmal, wenn die Sonne sich nahe dem I. Vertikal befindet, und zweitens, wenn sie näher zum Meridian steht.

1) λ Länge aus Sonnenhöhen nahe dem I. Vertikal.

Sonne nahe dem
I. Vertikal.

Aus der Sonnenhöhe wird in ähnlicher Weise wie bei Sternhöhen nahe dem I. Vertikal (s. S. 35) mittels der Tafeln 8 A, B, C der Stundenwinkel hergeleitet, der in diesem Falle jedoch wahre Zeit gibt. Alles Nähere ist aus dem folgenden Schema ersichtlich:

Schema: U (Greenw.)	h_0	φ_0 geschätzt..
ΔU	I	
M. Z. Greenw.	R (Taf. 3) —	
mit φ_0 aus Taf. 8 A	$h_{\odot}$	
„ δ „ „ 8 A	$\delta_{\odot}$ (N. J.)	
„ $\varphi_0 - \delta$, h „ 8 B	$\varphi_0 - \delta$	
Summe		

Mit Summe aus Tafel 8 C

$$t_w, t_o = \dots\dots\dots$$

Daraus

Wahre Ortszt.

Ztgl. (N. J.)

M. Z. Beob.

M. Z. Greenw. (oben U)

$\lambda_{0, w}$

Beispiel: wie oben S. 45 1908 Juli 18, Tagfahrt; Sonne
Nachm. Beob.: A. M.

U (Greenw.)	3 ^h 8 ^m .0 p. m.	$h_{\odot}$	35° 36'	φ_0	52° 5
ΔU	—	I	— 4	Außerdem beob. magn. Azim. $a^{\circ}\odot$ 87° 5 (S. 45).	
M.Z. Greenw.	3 8.0	R	— 1		
		$h_{\odot}$	35 31		
		$\delta_{\odot}$	+ 21 3		
		$\varphi_0 - \delta$	31° 5		

Nunmehr folgt die Berechnung des Stundenwinkels nach
Tafel 8 A, B, C.

Mit φ	52° 5	Taf. 8 A	215	W. Ortsz. = t_w	3 ^h 54 ^m .0
„ δ	21° 1	„ 8 A	30	Ztgl. (N. J.)	+ 6.0
„ { $\varphi - \delta$	31° 5	„ 8 B	433	M. Z. Beob.	4 0.0
„ { h	35° 5			M. Z. Greenw. (U)	3 8.0
		Summe	678		
Mit dieser Summe aus Taf. 8 C				λ östl. — 52 ^m .0 = — 13° östl. Gr.	
		$t_w = 3^h 54^m.0$		(genaue Länge — 52 ^m .4 = — 13° 6')	

2) λ Länge aus Sonnenazimuten nahe Meridian.

Steht die Sonne nahe zum Meridian, so gibt die Höhe am
sichersten die Breite [B 1) φ], während das Azimut die Länge liefert.
Da in diesem Falle $h_{\odot}$ und $a_{\odot}$ beobachtet sind, wird zweckmäßig
zunächst der Transformator (Kohlschütter) benutzt, ähnlich
wie bei der Aufgabe B 2) φ . In die obere Koordinatenscheibe wird
Punkt ($h_{\odot}$ $a_{\odot}$) eingetragen und dieselbe gedreht, bis dieser Punkt
mit dem Deklinationsparallel für $\delta_{\odot}$ auf der schwarzen Scheibe
zusammenfällt. Auf diese Weise findet sich ein genäherter Wert
der Breite φ und des Stundenwinkels t ; aus letzterem folgt λ .

Länge am Tage
aus Sonnen-
azimuten nahe
Meridian.

Beträgt der Stundenwinkel der Sonne weniger als 1^h 20^m, so
läßt sich ein genauerer Wert der Breite mit Benutzung des am
Transformator genähert gefundenen Stundenwinkels nach Tafel 7
ableiten, wie dies in B 1) φ angegeben ist; kommt $t > 1^h$
20^m heraus, so läßt sich ein genauerer Wert der Breite nach Tafel 9
der Merkatorfunktionen (s. S. 46) rechnen.

Was nun die Länge betrifft, auf die es bei dieser Aufgabe 2) λ
in erster Linie ankommt, so folgt dieselbe erstens genähert nach
der Rechnung mit dem Transformator, wie sogleich gezeigt wird,

und zweitens genauer mit einer Auswertung nach Merkatorfunktionen, wobei die aus dem Transformator hergeleitete Breite als Näherungswert genommen wird.

Beispiel: a) 1908 Sept. 11, Sonne a. m. Beob.: A. M.

U (Greenw.)	10 ^h 22 ^m .0	$h_{\odot}$	41° 30'
ΔU	—	I	7
M. Z. Greenw.	10 22.0	R	1
		$h_{\odot}$	41 22
		$90^{\circ} - h_{\odot}$	48 38
		$\delta_{\odot}$ (N. J.) +	4 38

Kompaßpeilung

von N. über O. 175°·5

Magn. Deklination d

nach Karte II (φ_0 52°

λ_0 13°Ost) — 9.3

$a_{\odot} = 166.2$ von N.

(vgl. Fig. S. 44) = 13°·8 von S. nach Ost,
da $\odot$ a. m.

Am Transformator (Kohlschütter) wird durch Eintragen von Punkt (h 41°·5, a 14°) und durch Drehen der oberen Scheibe, bis dieser Punkt auf $\delta + 4^{\circ}·6$ kommt, gefunden $\varphi_0 = 52^{\circ}·5$, $t_0 = 10^{\circ}·5$ Ost = — 42^m. Aus $t_0 = -42^m$ ($12^h - 42^m$) folgt:

W. Ortsz.	11 ^h 18 ^m .0	Der genährte Ballonort ist also φ_0 52°·5, $\lambda_0 = -52^m·7 = -13^{\circ} 11'$ Abweichung gegen den genauen Ort in φ 6' und in λ 11'.
Ztgl. (N. J.)	— 3.3	
M. Z. Beob.	11 14.7	
oben war M. Z. Greenw.	10 22.0	
λ_0 östl. Gr.	0 ^h 52 ^m .7	

Die genauere Herleitung von Stundenwinkel und Länge nach Merkatorfunktionen erfolgt auf Grund der Formeln

$\cos t = \cos \xi - \cos a$; $f \xi = f(90^{\circ} - h + \delta) - f \varphi$			
$f(90^{\circ} - h + \delta)$	53° 16'	3790	$\cos \xi$ 15494
$- f \varphi$	52°·5	3714	$-\cos a$ (13°·8) 7262
$f \xi$		76	$\cos t$ 8232
$\cos \xi$		15494	$t_0 = -10^{\circ} 26' = -41^m·7$

$(12^h - t_0)$ W. Z.	=	11^h	$18^m.3$	
Ztgl. (N. J.)	—		3.3	
M. Z. Beob.		11	15.0	
M. Z. Greenw.		10	22.0	
λ östl. Gr. =	—	0^h	$53^m.0$	Abweichung von gen. Orts- länge $0^m.4 = 6'$

Beispiel: b) 1908 Nov. 5, Sonne p. m., Beob.: A. M. (S. 42).

U (Greenw.)	1^h	$44^m.5$	h_0	12°	$20'$
ΔU	—		I	—	7
M. Zt. Greenw.	1	44.5	R	—	4
			$h_\odot$	12	9
			$\delta_\odot$	—	$15\ 40$
			$90^\circ - h$	77	51

$$a^\odot = 52^\circ.1 \text{ von Süd nach West}$$

$$\text{— } 9.1 \text{ Magn. Deklination (Karte II)}$$

$$a_\odot = 43.0 \text{ vgl. Figur S. 44}$$

Am Transformator (Kohlschütter) wird Punkt $h_\odot 12^\circ$ und $a_\odot 43^\circ$ in die obere Scheibe eingezeichnet und dieselbe so lange gedreht, bis dieser Punkt mit dem schwarzen Deklinationsparallel $\delta_\odot - 15^\circ.7$ koinzidiert. Dann ergibt der durch den Gestirnsort gehende schwarze Stundenkreis am Äquator den Stundenwinkel $t_w = 43^\circ.5$ und die Stellung von Z auf dem schwarzen Begrenzungskreise die genäherte Breite $\varphi_0 = 52^\circ.5$. Aus dem genäherten Stundenwinkel $t_w = 43^\circ.5 = 2^h 54^m.0$ folgt die Länge in der bekannten Weise:

$$t_w = \text{W. Ortsz. } 2^h 54^m.0$$

$$\text{Ztgl. (N. J.) — } 16.3$$

$$\text{M. Z. Beob. } 2 \quad 37.7$$

$$\text{von oben M. Z. Greenw. } 1 \quad 44.5$$

$$\lambda \text{ östlich Gr. — } 0^h 53^m.2 = - 13^\circ 18' \text{ (Tf. 1)}$$

Der mit dem Transformator gefundene Näherungsort $\varphi_0 52^\circ.5$ und $\lambda_0 - 53^m.2$ stimmt mit dem genauen Ort bis auf $4'$ in Breite und $0^m.3 = 5'$ in Länge überein.

Die genauere Rechnung, welche für die Breite schon unter B 1) φ S. 43 nach demselben Beispiel durchgeführt wurde ($\varphi = 52^\circ 29'$), ergibt für die Länge ebenfalls nach Merkatorfunktionen folgendes:

$$\begin{array}{r} \text{cof } t = \text{cof } \xi - \text{cof } a; \quad f \xi = f (90^\circ - h + \delta) - f \varphi \\ f (90^\circ - h + \delta) \quad 62^\circ 11' \quad 4798 \\ - f \varphi \quad 52^\circ 5 \quad 3714 \\ \hline f \xi \quad 1084 \\ \text{dazu aufschlagen} \\ \text{cof } \xi \quad 6370 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{cof } \xi \quad 6370 \\ - \text{cof } a (43^\circ) \quad 3203 \\ \hline \text{cof } t \quad 3167 \\ t_w = 43^\circ 24' = 2^h 53^m.6 \text{ W. Z.} \\ \text{Ztgl. (N. J.)} - \quad 16.3 \\ \hline \text{M. Z. Beobacht.} \quad 2 \quad 37.3 \\ \text{M. Z. Greenw.} \quad 1 \quad 44.5 \\ \hline \lambda \text{ östl.} - 0^h 52^m.8 = - 13^\circ 12' \\ \text{Abweichung gegen genaue} \\ \text{Ortslänge } 0^m.1 = 1'.5 \end{array}$$

Sonne im
Meridian.

In dem besonderen Falle endlich, daß die Sonne fast genau im Meridian steht [$a_\odot = 0^\circ(\text{S})$ oder $180^\circ(\text{N})$], folgt die Länge unmittelbar aus der Differenz der Uhrangabe (Greenw.) und der aus dem N. J. entnommenen Kulminationszeit der Sonne für den Greenwicher Meridian, wie dies auf S. 40 an einem besonderen Beispiel gezeigt worden ist. In diesem Falle liefert auch die Meridianhöhe sofort die Breite ($\varphi = \delta_\odot + 90 - h_\odot$), wie auch schon in B 1) φ auf S. 40 erörtert wurde.

V. Tafeln und Karten zur Ortsbestimmung im Ballon.

Die im folgenden zusammengestellten abgekürzten Tafeln und Übersichtskarten sollen in erster Linie zur schnellen Auswertung von Ortsbestimmungen im Ballon dienen. Obwohl aus den im Abschnitt IV im einzelnen durchgeführten Rechnungen die Anwendung der verschiedenen Tafeln eigentlich schon zur Genüge hervorgeht, sind doch zur schnelleren Einübung des Ballonführers den folgenden kurzen Erläuterungen der Tafeln noch einige spezielle Rechnungsbeispiele zur Orientierung beigelegt worden.

Tafel 1 dient zur Verwandlung von Bogenmaß ($^{\circ}$, $'$, $''$) in Zeitmaß (h, m, s) und umgekehrt; dieselbe findet hauptsächlich bei Auswertung der Stundenwinkel Verwendung. Erläuterungen zu den Tafeln.

Sind z. B. $3^h 24^m.6$ in Grade und Bogenminuten zu verwandeln, so erhält man nach Tafel 1 Verwandlung von Bogen in Zeit und umgekehrt. Tafel 1.

$$\left. \begin{array}{l} 3^h 24^m \\ 0.6 = 36^s = \end{array} \right\} \begin{array}{l} = 51^{\circ} 0' \\ = 9 \end{array} \text{ also } 3^h 24^m.6 = 51^{\circ} 9'.$$

Sollen ferner z. B. $43^{\circ} 30'$ in Stunden und Zeitminuten verwandelt werden, so findet man nach Tafel 1

$$\left. \begin{array}{l} 43^{\circ} \\ 30' = \end{array} \right\} \begin{array}{l} = 2^h 52^m \\ = 2 \end{array} \text{ also } 43^{\circ} 30' = 2^h 54^m.0$$

Tafel 2 ist zur genäherten Verwandlung von Mittlerer Zeit in Sternzeit und von Sternzeit in Mittlere Zeit bestimmt. Da für eine bestimmte Beobachtung Sternzeit immer größer als Mittlere Zeit ist, wird die in der abgekürzten Tafel 2 gegebene Reduktion stets zum Zeitraum in Mittlere Zeit addiert (+), vom Zeitraum in Sternzeit aber subtrahiert (—). Außerdem muß bei diesen Verwandlungen der Zeitangaben (M. Z. und St. Z.) noch die dem

Verwandlung von Sternzeit in mittlere Zeit und umgekehrt. Tafel 2.

Beobachtungstage sowie der Ortslänge entsprechende, aus dem N. J. zu entnehmende St. Z. im mittleren Mittage angebracht werden, an M. Z. mit +, an St. Z. mit —.

Ist z. B. für 1908 Sept. 18 und $0^h.9$ östl. Länge $23^h 30^m.7$ St. Z. in M. Z. zu verwandeln, so wird davon zunächst die St. Z. im M. M. abgezogen und das restliche Sternzeitintervall mit der Reduktion aus Tafel 2 in M. Z. verwandelt. Also

$$\begin{array}{r}
 23^h 30^m.7 \text{ St. Z.} \\
 - \text{II} \quad 47.9 \text{ St. Z. M. M. (} 0^h.9 \text{ östl. Greenw.) Sept. 18} \\
 \hline
 \text{II} \quad 42.8 \\
 - \quad \quad 1.9 \text{ Red. nach Tafel 2} \\
 \hline
 \text{II} \quad 40.9 \text{ M. Z. der Beobachtung.}
 \end{array}$$

Soll dagegen z. B. für denselben Beobachtungstag und Ort $13^h 29^m.5$ M. Z. (nach Mitternacht astronomisch) in St. Z. verwandelt werden, so folgt:

$$\begin{array}{r}
 13^h 29^m.5 \text{ M. Z.} \\
 + \quad \quad 2.2 \text{ Red. nach Tafel 2} \\
 + \text{II} \quad 47.9 \text{ St. Z. M. M.} \\
 \hline
 \text{I} \quad 19.6 \text{ St. Z.}
 \end{array}$$

Höhenkorrektion
für Refraktion
und Parallaxe.
Tafel 3.

Tafel 3 dient in der Form von 3a zur Verbesserung der Gestirnhöhen (Sonne, Planeten und Sterne) für mittlere Strahlenbrechung (Refraktionskorrekturen R stets — an die Höhe) ohne Rücksicht auf die jeweiligen Verhältnisse von Temperatur und Luftdruck. Diese sehr abgekürzte Refraktionstafel genügt für die Zwecke der Berechnung im Ballon selbst, da der Maximalfehler bei 5° Höhe z. B. für eine extreme Temperatur von -35° erst $2'$ und für einen Luftdruck von nur 500 mm auch erst etwas über $3'$ beträgt; außerdem treten diese Berichtigungen der mittleren Strahlenbrechung für tiefe Temperaturen und niedrigen Luftdruck mit entgegengesetzten Vorzeichen auf. Sollte eine spätere genauere Berechnung der Fahrtergebnisse notwendig werden, so entnimmt man die genaueren Werte der Refraktion aus den Tafeln 16 a, b, c des N. J.

In der Form von 3b dient die Tafel zur genäherten Verbesserung der Mondhöhen für die Gesamtwirkung von Parallaxe und Refraktion (Gesamtbeschickung G des Mondes stets + an

Höhe), unter Zugrundelegung von mittleren Werten der Horizontal-
parallaxe des Mondes und der Refraktion.

Beispiele:

<p>a) α Orionis h_o $17^\circ 57'$</p> <p style="margin-left: 100px;">R — 3</p> <hr style="width: 100px; margin-left: 100px;"/> <p style="margin-left: 100px;">h_* $17 \ 54$</p>	<p>b) Mond h_o $31^\circ \ 2'$</p> <p style="margin-left: 100px;">$G = R + P$ + 48</p> <hr style="width: 100px; margin-left: 100px;"/> <p style="margin-left: 100px;">h_{M} $31 \ 50$</p>
--	--

Tafel 4 gibt die Korrektur Δh an, welche je nach der Ortssternzeit der Beobachtung an die Höhe des Polarsterns α Ursae min. anzubringen ist, um unmittelbar die Ortsbreite zu finden. Die Tafel kann für den Zeitraum von 1909 bis 1914 benutzt werden.

Breite aus
Polaris.
Tafel 4.

Beispiel: Zur Ortssternzeit $\theta = 1^h 34^m$ ist die für Indexfehler und Refraktion verbesserte Polarishöhe von $54^\circ 13'$ gefunden worden; welches ist die Ortsbreite?

$$\begin{array}{rcl}
 h & & 54^\circ 13' \\
 \Delta h & - & \underline{1 \ 11} \text{ zu } 1^h 34^m \text{ St. Z.} \\
 \varphi & = & 53 \ 2
 \end{array}$$

Tafel 5 dient bei Peilungen auf den Polarstern durch Anbringung des hier tabulierten astronomischen Azimuts an die Kompaßeinstellung zur Ermittlung der astronomischen Nordsüd-Richtung. Daraus läßt sich bei bekannter magnetischer Deklination eine Kompaßkontrolle herleiten, bei unbekannter magnetischer Deklination dieselbe ermitteln und endlich auch nachts eine Längenschätzung aus dem Verlaufe der Isogonen (Karten II, III) nach Peilung auf den Polarstern (s. S. 38) ausführen.

Azimut von
Polaris.
Tafel 5.

Beispiel: Zur Ortssternzeit $\theta = 22^h$ ist auf der Breite $\varphi_o = 53^\circ$ das magnetische Azimut von Polaris $a^\circ = 13^\circ$ N, O gepeilt worden; welches ist die genäherte geogr. Länge des Ballonorts?

Aus Taf. 5 folgt für $\theta = 22^h$ und $\varphi = 53^\circ$ das astronomische Azimut von Polaris $a = 1^\circ.6$ Ost, daher ist $d = a^\circ - a = 13^\circ - 1^\circ.6 = 11^\circ.4$ und zwar westliche Deklination, weil in diesem Falle astronomisch Nord östlich von magnetisch Nord steht. Einer westlichen magnetischen Abweichung von $11^\circ.4$ entspricht auf dem Breitenparallel 53° nach der Isogonenkarte für Deutschland (Karte II) die roh geschätzte Länge von 9° östl. Greenwich.

Azimet von
Gestirnen bis
49° Dekl.
Tafel 6.

Tafel 6 gibt für Sonne, Mond, große Planeten und Sterne bis 49° Deklination aus Höhe, Deklination und Stundenwinkel ein genähertes Azimet mit der Addition von drei Zahlen, die nach Eingang in die Tafeln 6 a, b, c je mit Höhe, Deklination und Stundenwinkel des Gestirns erhalten werden. Mit der Summe dieser drei Zahlen findet man aus Tafel 6c das gesuchte genäherte Azimet. Diese abgekürzten Tafeln, die in ganz ähnlicher Form zuerst von Johnson¹⁶⁾ entworfen wurden, ersetzen also für Näherungsrechnungen im Ballon z. B. bei der Kompaßkontrolle nach Sonneneinstellungen die sonst gebräuchlichen großen Azimet-tabellen, auch für den etwaigen Fall der Anwendung von Standlinien-Methoden. Außerdem läßt sich Tafel 6 noch dazu benutzen, um nach Messung von Azimet und Höhe eines Gestirns mit bekannter Deklination einen bis auf die Minute brauchbaren Wert des Stundenwinkels schnell herzuleiten, aus welchem alsdann eine genäherte Länge ermittelt werden kann.

Beispiele: Bei einem Stundenwinkel $t_w = 2^h 54^m$ wurde eine Sonnenhöhe $h_\odot = 12^\circ,1$ bei einer Deklination $\delta_\odot = -15^\circ,7$ erhalten; wie groß ist das Azimet der Sonne?

h	12°.1	nach Tafel 6a	990;	bei 4 Ziffern wird stets die erste ge-
δ	— 15.7	„ „ 6b	016	strichen. 168 nach Tafel 6c gibt
t	2 ^h 54 ^m	„ „ 6c	162	$a_\odot = 42^\circ.8$
			168	

Eine Sonnenhöhe von 35°,5 und ein Azimet von 78° (S über West) sind gemessen bei $\delta_\odot = -21^\circ,0$; wie groß ist der Stundenwinkel $t_\odot$?

$h_{\odot}$	35°.5	Tafel 6a	911	$a_{\odot}$	78°	Tafel 6c	010
$\delta_{\odot}$	21°.0	„ 6b	030	abziehen		941	— 941
			941				069
			nach Taf. 6c				
			069 : $t_{\odot} = 3^h 54^m$.				

Tafel 7 ergibt die stets negative Reduktion, welche an eine außerhalb des Meridians gemessene Gestirns Höhe (bis 1^h 20^m Stundenwinkel) anzubringen ist, um die Breite zu finden. Nach

¹⁶⁾ A. C. Johnson, Short Tables, London 1900. J. D. Potter.

der für Gestirne, welche südlich vom Zenit kulminieren, geltenden Formel ist $\varphi = \delta + (90^\circ - h) - C t^{2/60}$. Tafel 7a enthält nun mit Eingang von t den Wert $t^{2/60}$ in Bogenminuten, und Tafel 7b gibt den mit t horizontal, φ vertikal zu entnehmenden Faktor C .

Breite aus Gestirns-
höhen nahe
Meridian.
Tafel 7.

Beispiel: Für $t_0 = 40^m$, $\varphi_0 = 52^\circ,5$ und $\delta_\odot = +4^\circ 38'$ ist $h_\odot = 41^\circ 22'$ beobachtet werden. Tafel 7a gibt $t^{2/60} = 26,7$ und Tafel 7b $C = 1,6$, daher wird $C t^{2/60} = 43'$. Da $\varphi = \delta + (90^\circ - h) - C t^{2/60}$ ist, folgt:

$$\begin{array}{rcl}
 \delta_\odot & + & 4^\circ 38' \\
 90^\circ - h & & 48 \ 38 \\
 \hline
 & & 53 \ 16 \\
 C t^{2/60} & - & 43 \\
 \hline
 \varphi & = & 52^\circ 33'
 \end{array}$$

Tafel 8 dient dazu, den Stundenwinkel eines Gestirns in der Nähe des ersten (Ostwest) Vertikals aus Breite, Deklination und Höhe nach Johnson¹⁷⁾ zu liefern. Es sind dazu drei Zahlen zu addieren, von denen die erste aus Tafel A mit der Breite φ , die zweite aus derselben Tafel mit der Deklination δ und die dritte aus Tafel B mit der Differenz $\varphi - \delta$ als horizontalem sowie mit h als vertikalem Argument entnommen werden. Mit der Summe dieser drei Zahlen geht man in Tafel C ein und findet den gesuchten Stundenwinkel bis auf die Zeitminute; hierbei muß, falls die Summe eine vierziffrige Zahl ergibt, stets die erste Ziffer fortgelassen werden.

Stundenwinkel
aus Breite,
Deklination
und Höhe.
Tafel 8.

Beispiel: Zur gemessenen Höhe von α Tauri $h = 21^\circ 43'$ gehört die Breite $\varphi = 52^\circ 42'$ und die Deklination $\delta = +16^\circ 20'$; welches ist der Stundenwinkel?

Mit	φ	$52^\circ,7$	aus	Tafel 8 A	217	Bei Bildung von $\varphi - \delta$ wird das Vorzeichen von δ und φ berücksichtigt; ist also $\delta -$ und $\varphi +$, so werden beide Werte addiert.
„	δ	$16^\circ,3$	„	„ 8 A	18	
„	$\{\varphi - \delta$	$36^\circ,3\}$	„	„ 8 B	643	
„	$\{h$	$21^\circ,7\}$	„	„		

Summe 878

Mit 878 gibt Tafel 8 C : $t = 5^h 3^m,0$

Während des Drucks dieser Anleitung gelang dem Verf. noch eine vollständige Ortsbestimmung (φ, λ) am Tage (vor Sonnenaufgang) aus je einer Höhe der Planeten Jupiter im Süden und Venus im Osten, die gleichzeitig am Morgen sichtbar waren.

¹⁷⁾ A. C. Johnson, Hour-Angles, London 1891, J. D. Potter. Taf. 8 ist eine Zusammenfassung der Johnsonschen Tafeln.

1908 Dez. 27 Gr. M. Z. 19^h 14^m.2 h₀ 36° 10' (Jupiter für φ)

„ „ „ „ „ 19 21.7 h₀ 10 6 (Venus für λ)

Am Transformator (Koerber) gibt die rohe Rechnung φ 52°, λ 13.3 östl. Gr. Rechnet man t und daraus λ nach Taf. 8 [s. A 1) λ] und φ nach Taf. 9 [s. A 3) φ], so folgt λ 13° 12', φ 52° 26'. Diese astronomisch bestimmte Position weicht von der kartographisch ermittelten in λ um 8' und in φ um 2' ab.

Merkator-
funktionen.
Tafel 9.

Tafel 9 stellt eine abgekürzte Tabelle der numerischen Werte der Merkatorfunktionen (Börgen) dar, nach welcher die Ortsbestimmungen im Ballon auf Grund besonderer, bei den einzelnen Beispielen gegebener Formeln ohne logarithmisch-trigonometrische Rechnungen ausgewertet werden können. Die Zusatztafel 9a gibt die Werte der Merkatorfunktionen für die Grenzwinkel zwischen 0° und 2° bzw. 88° und 89°, um die alsdann mühsame Interpolation in der Haupttafel zu erleichtern.

$$\begin{aligned}\text{Beispiele: } f(29^\circ 25') &= 1848, \text{ cof}(29^\circ 25') = 4598 \\ f(92^\circ 0') &= \text{cof}(-2^\circ 0') = 13916_{\text{m}}.\end{aligned}$$

Liste heller
Fixsterne mit
Kulminations-
daten.
Tafel 10.

Tafel 10 gibt im Anschluß an die Tabellen von Bidschoff-Vital¹⁸⁾ eine Zusammenstellung von 27 hellen Fixsternen, die zur Ortsbestimmung im Ballon dienen. Die Positionen in α und δ gelten für 1910 und können für die Zwecke der genäherten Ortsbestimmung unbedenklich auch für 1909 und 1911 benutzt werden. Etwaige kleine Korrekturen werden nötigenfalls nach dem N. J. beigefügt. Außerdem gibt die Liste in den drei letzten Kolumnen bei Auswahl geeigneter Sterne nahe dem Meridian sofort Aufschluß über die Daten, an welchen die betreffenden Sterne zu den mittleren Zeiten 8^h, 12^h und 4^h nachts kulminieren. Hierdurch kann die Ortsbestimmung im Ballon durch Beobachtung von Sternen nahe dem Meridian sehr erleichtert werden.

Sternkarte des
nördlichen
Himmels.
Karte 1.

Karte I enthält eine Sternkarte des nördlichen Himmels zur besonderen Orientierung vom Ballon aus und mit Berücksichtigung der in Tafel 10 gegebenen hellen Sterne. Zur schnelleren Orientierung am Himmel sei noch erwähnt, daß der Polarstern gefunden wird in Richtung der Verbindungslinie β — α Ursae maj., ferner, daß der Himmelsäquator (0° Deklination) ungefähr durch den Gürtel des Orion hindurchgeht und endlich daß die Verbindungslinie zwischen dem Polarstern und dem letzten Stern der Cassiopeja

¹⁸⁾ Tavole per i calcoli di navigazione, Vital-Bidschoff, Wien 1908, Verlag F. Deuticke.

(in Richtung zum Sternbilde Cygnus) nahezu auf den Frühlings-Äquinoktialpunkt (0^h Rektaszension) am Himmel weist. Die mit roter Farbe gekennzeichneten Hauptsterne sind die zumeist für die Ballonorientierung in Betracht kommenden Sterne.

Karte II gibt auf Grund der neuesten erdmagnetischen Untersuchungen die genaue Verteilung der Isogonen oder Linien gleicher magnetischer Deklination für Deutschland, gültig für die Epoche 1909 an. Die Isogonen schreiten nach halben Graden fort, und es lassen sich bequem aus der Übersichtskarte II die Werte der magnetischen Deklinationen (sämtlich westlich) bis auf $0^\circ.1$ entnehmen. Bei Benutzung dieser Isogonenkarte für spätere Epochen als 1909 ist nur zu beachten, daß die westlichen Deklinationswerte jährlich um ungefähr $0^\circ.1$ abnehmen. Bei Herstellung dieser und der folgenden magnetischen Karte durfte der Verfasser sich besonders wertvoller fachmännischer Unterstützung erfreuen.

Karte der magn.
Deklinationen
für Deutschland.
Karte II.

Karte III enthält gleichfalls auf Grund der neuesten erdmagnetischen Untersuchungen die genaue Verteilung der Isogonen oder Linien gleicher magnetischer Deklination für Europa, gültig für die Epoche 1909. Die Linien schreiten von Grad zu Grad fort, und gehen von 10° östlicher Deklination im Innern Rußlands bis zu 20° westlicher magnetischer Abweichung über Irland und den Atlantischen Ozean. Die Werte der magnetischen Deklination zur Kompaßkontrolle und zur Azimutbestimmung lassen sich aus dieser Karte bis auf etwa $0^\circ.2$ entnehmen. Auch für diese Karte gilt bei Benutzung derselben nach 1909 die Regel, daß die westlichen Deklinationswerte jährlich um etwa $0^\circ.1$ abnehmen, die östlichen Deklinationswerte aber jährlich um ungefähr $0^\circ.1$ zunehmen.

Isogonenkarte
für Europa.
Karte III.

1. Verwandlung von Zeit in Bogen und umgekehrt.

h	0 ^m	4 ^m	8 ^m	12 ^m	16 ^m	20 ^m	24 ^m	28 ^m	32 ^m	36 ^m	40 ^m	44 ^m	48 ^m	52 ^m	56 ^m
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
2	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
3	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
4	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
5	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
6	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
7	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
8	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
9	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
10	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164
11	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179

2. Reduktion zur Verwandlung von M. Z. in St. Z. (+) und von St. Z. in M. Z. (—).

M. Z.	St. Z.	M. Z.	St. Z.	M. Z.	St. Z.	M. Z.	St. Z.
0 ^h + 0 ^m 0 ^s — 0 ^h	6 ^h + 1 ^m 0 ^s — 6 ^h	12 ^h + 2 ^m 0 ^s — 12 ^h	18 ^h + 3 ^m 0 ^s — 18 ^h				
1 + 10 — 1	7 + 10 — 7	13 + 10 — 13	19 + 10 — 19				
2 + 20 — 2	8 + 20 — 8	14 + 20 — 14	20 + 20 — 20				
3 + 30 — 3	9 + 30 — 9	15 + 30 — 15	21 + 30 — 21				
4 + 40 — 4	10 + 40 — 10	16 + 40 — 16	22 + 40 — 22				
5 + 50 — 5	11 + 50 — 11	17 + 50 — 17	23 + 50 — 23				
6 ^h + 1 ^m 0 ^s — 6 ^h	12 ^h + 2 ^m 0 ^s — 12 ^h	18 ^h + 3 ^m 0 ^s — 18 ^h	24 ^h + 3 ^m 56 ^s — 24 ^h				

3. Höhenverbesserung für Refraktion und Parallaxe.

a) Refraktion für Sonne, Planeten und Sterne (R).

h:	4°	5°	6°	7°	8°	9°	11°	13°	17°	24°	35°	44°	65°
R:	— 12'	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	1'	0' —

b) Gesamtbeschickung (Parallaxe und Refraktion) für Mond (G).

h	G	h	G
4°	+ 45'	30°	+ 48'
5	47	35	46
6	49	40	43
7	50	44	40
8	50	48	37
9	51	52	34
10	51	56	31
15	52	60	28
20	51	62	26
25°	+ 50'	64°	+ 24'

4. Ortsbreite aus Polarishöhe.

Orts-Sternzeit	Δh 1909	Δh 1914	Orts-Sternzeit	Δh 1909	Δh 1914	Orts-Sternzeit	Δh 1909	Δh 1914	Orts-Sternzeit	Δh 1909	Δh 1914
0 ^h 0 ^m	-66'	-64'	6 ^h 0 ^m	-25'	-26'	12 ^h 0 ^m	+66'	+64'	18 ^h 0 ^m	+27'	+26'
20	-68	-66	20	-20	-20	20	+68	+66	20	+21	+20
40	-69	-67	40	-14	-14	40	+69	+67	40	+15	+14
1 0	-70	-68	7 0	-7	-8	13 0	+70	+68	19 0	+9	+8
20	-71	-69	20	-1	-2	20	+71	+69	20	+3	+2
40	-71	-69	40	+5	+4	40	+71	+69	40	-3	-4
2 0	-70	-68	8 0	+11	+10	14 0	+70	+68	20 0	-9	-10
20	-69	-67	20	+17	+16	20	+69	+67	20	-16	-16
40	-67	-66	40	+23	+21	40	+67	+66	40	-22	-22
3 0	-65	-64	9 0	+29	+27	15 0	+65	+64	21 0	-27	-27
20	-62	-61	20	+34	+32	20	+62	+61	20	-33	-33
40	-59	-58	40	+39	+38	40	+59	+58	40	-38	-38
4 0	-55	-55	10 0	+44	+42	16 0	+56	+54	22 0	-43	-42
20	-51	-51	20	+49	+47	20	+52	+50	20	-48	-47
40	-47	-46	40	+53	+51	40	+47	+46	40	-53	-51
5 0	-42	-42	11 0	+57	+55	17 0	+43	+41	23 0	-56	-55
20	-37	-37	20	+60	+58	20	+38	+36	20	-60	-58
40	-31	-31	40	+63	+61	40	+32	+31	40	-63	-61
6 ^h 0 ^m	-25'	-26'	12 ^h 0 ^m	+66'	+64'	18 ^h 0 ^m	+27'	+26'	24 ^h 0 ^m	-66'	-64'

5. Azimut des Polarstern von Norden ab (1909).

Orts-Sternzeit		Breite							Orts-Sternz.		Breite						
		35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°			35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°
0 ^h	Ost	0°.5	0°.6	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	1°.1	12 ^h	W	0°.5	0°.6	0°.6	0°.7	0°.7	0°.8	1°.0
1	O	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	13	W	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
2	West	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	14	O	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4
3	W	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	15	O	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
4	W	0.9	1.0	1.0	1.1	1.3	1.5	1.9	16	O	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.7
5	W	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.4	17	O	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	2.2
6	W	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.2	2.7	18	O	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.6
7	W	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.3	2.8	19	O	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	2.8
8	W	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	2.8	20	O	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	2.8
9	W	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.6	21	O	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.2	2.7
10	W	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	2.2	22	O	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.9	2.3
11	W	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	23	O	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.7
12 ^h	W	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	1.0	24 ^h	O	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1

6. Genähertes Azimut für Gestirne bis 49° Deklination.

(Auch zur Herleitung des Stundenwinkels bei bekanntem Azimut.)

a) Höhe.

Grad	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0	999	999	999	999	999	998	998	997	996	995
10	993	992	990	989	987	985	983	981	978	976
20	973	970	967	964	961	957	954	950	946	942
30	937	933	928	923	919	913	908	902	897	890
40	884	878	871	864	857	849	842	834	826	817
50	808	799	789	779	769	759	748	736	724	712
60	699	686	672	657	642	626	609	592	574	554

b) Deklination.

Grad	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0	000	000	000	000	001	002	002	003	004	005
10	007	008	010	011	013	015	017	019	022	024
20	027	030	033	036	039	043	046	050	054	058
30	062	067	072	076	081	087	092	098	103	109
40	116	122	129	136	143	150	158	166	174	183

c) Stundenwinkel und Azimut.

Mi- nuten	St.-W. 0 ^h	Az.	St.-W. 1 ^h	Az.	St.-W. 2 ^h	Az.	St.-W. 3 ^h	Az.	St.-W. 4 ^h	Az.	St.-W. 5 ^h	Az.
0 ^m		0°	587	15°	301	30°	150	45°	062	60°	015	75°
4		1	560	16	288	31	143	46	058	61	013	76
8		2	534	17	276	32	136	47	054	62	011	77
12		3	510	18	264	33	129	48	050	63	010	78
16		4	487	19	252	34	122	49	046	64	008	79
20	999	5	466	20	241	35	116	50	043	65	007	80
24	981	6	446	21	231	36	109	51	039	66	005	81
28	914	7	426	22	222	37	103	52	036	67	004	82
32	856	8	408	23	211	38	098	53	033	68	003	83
36	806	9	391	24	201	39	092	54	030	69	002	84
40	760	10	374	25	192	40	087	55	027	70	002	85
44	719	11	358	26	183	41	081	56	024	71	001	86
48	682	12	343	27	174	42	076	57	022	72	001	87
52	648	13	328	28	166	43	072	58	019	73	000	88
56	616	14°	314	29°	158	44°	067	59°	017	74°	000	89°

7. Breite aus Gestirns Höhen nahe dem Meridian.

$$\varphi = \delta + (90^\circ - h) - C \cdot t^2/60,$$

a) Stundenwinkel-Quadrat in Bogenminuten ($t^2/60$).

Stundenwinkel													
t	$t^2/60$	t	$t^2/60$	t	$t^2/60$	t	$t^2/60$	t	$t^2/60$	t	$t^2/60$	t	$t^2/60$
0 ^m	0.0	10 ^m	1.7	20 ^m	6.7	30 ^m	15.0	40 ^m	26.7	50 ^m	41.7	60 ^m	60.0
1	0.0	11	2.0	21	7.4	31	16.0	41	28.0	51	43.4	61	62.0
2	0.1	12	2.4	22	8.1	32	17.1	42	29.4	52	45.1	62	64.1
3	0.2	13	2.8	23	8.8	33	18.2	43	30.8	53	46.8	63	66.2
4	0.3	14	3.3	24	9.6	34	19.3	44	32.3	54	48.6	64	68.3
5	0.4	15	3.8	25	10.4	35	20.4	45	33.8	55	50.4	65	70.4
6	0.6	16	4.3	26	11.3	36	21.6	46	35.3	56	52.3	66	72.6
7	0.8	17	4.8	27	12.2	37	22.8	47	36.8	57	54.2	67	74.8
8	1.1	18	5.4	28	13.1	38	24.1	48	38.4	58	56.1	68	77.1
9	1.4	19	6.0	29	14.0	39	25.4	49	40.0	59	58.0	69	79.4
10	1.7	20	6.7	30	15.0	40	26.7	50	41.7	60	60.0	70	81.7
-		(0 ^h 20 ^m)				(0 ^h 40 ^m)				(1 ^h 0 ^m)			(1 ^h 20 ^m)

b) Kulminationsfaktor C.

$\delta \backslash \varphi$	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°
— 20°	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9
16	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
12	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0
8	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
— 4	2.6	2.5	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
+														
0	2.9	2.7	2.5	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
2	3.1	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2
4	3.2	3.0	2.8	2.5	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2
6	3.4	3.2	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2
8	3.7	3.4	3.1	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
10	3.9	3.6	3.2	3.0	2.7	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3
12	4.2	3.8	3.4	3.1	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3
14	4.6	4.1	3.7	3.3	3.0	2.7	2.5	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3
16	5.1	4.5	4.0	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4
18	5.6	4.9	4.3	3.8	3.4	3.1	2.8	2.5	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4
20	6.3	5.4	4.7	4.1	3.7	3.3	2.9	2.6	2.4	2.1	1.9	1.8	1.6	1.5
+														
22	7.3	6.1	5.2	4.5	4.0	3.5	3.1	2.8	2.5	2.2	2.0	1.8	1.6	1.5
24	8.6	7.0	5.8	5.0	4.3	3.8	3.3	2.9	2.6	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5
26	—	8.2	6.7	5.6	4.8	4.1	3.6	3.1	2.8	2.5	2.2	2.0	1.8	1.6
28	—	—	7.9	6.4	5.3	4.5	3.9	3.4	3.0	2.6	2.3	2.1	1.8	1.6
30	—	—	9.6	7.5	6.1	5.1	4.3	3.7	3.2	2.8	2.5	2.2	1.9	1.7
32	—	—	—	—	—	—	—	4.0	3.5	3.0	2.6	2.3	2.0	1.8
34	—	—	—	—	—	—	—	4.5	3.8	3.2	2.8	2.4	2.1	1.9
36	—	—	—	—	—	—	—	5.1	4.2	3.5	3.0	2.6	2.2	2.0
38	—	—	—	—	—	—	—	6.0	4.8	3.9	3.3	2.8	2.4	2.1
40	—	—	—	—	—	—	—	7.2	5.6	4.5	3.7	3.0	2.6	2.2

8. Zur Auswertung des Stundenwinkels aus Breite, Deklination und Höhe.

A. Breite und Deklination.

φ, δ	0'	10'	20'	30'	40'	50'	φ, δ	0'	10'	20'	30'	40'	50'
0°	—	—	—	—	—	—	30°	62	63	64	65	65	66
1	—	—	—	—	—	—	31	67	68	68	69	70	71
2	—	—	—	—	—	—	32	72	72	73	74	75	76
3	1	1	1	1	1	1	33	76	77	78	79	80	81
4	1	1	1	1	1	1	34	81	82	83	84	85	86
5	2	2	2	2	2	2	35	87	87	88	89	90	91
6	2	2	3	3	3	3	36	92	93	94	95	96	97
7	3	3	4	4	4	4	37	98	99	100	100	101	102
8	4	4	5	5	5	5	38	103	104	105	106	107	108
9	5	6	6	6	6	6	39	109	110	111	113	114	115
10	7	7	7	7	8	8	40	116	117	118	119	120	121
11	8	8	9	9	9	9	41	122	123	124	125	127	128
12	10	10	10	10	11	11	42	129	130	131	132	133	135
13	11	12	12	12	12	13	43	136	137	138	139	141	142
14	13	13	14	14	14	15	44	143	144	145	147	148	149
15	15	15	16	16	16	17	45	150	152	153	154	156	157
16	17	17	18	18	19	19	46	158	159	161	162	163	165
17	19	20	20	21	21	21	47	166	168	169	170	172	173
18	22	22	23	23	23	24	48	174	176	177	179	180	182
19	24	25	25	26	26	27	49	183	184	186	187	189	190
20	27	27	28	28	29	29	50	192	193	195	196	198	200
21	30	30	31	31	32	33	51	201	203	204	206	207	209
22	33	33	34	34	35	35	52	211	212	214	215	217	219
23	36	36	37	38	38	39	53	220	222	224	226	227	229
24	39	40	40	41	42	42	54	231	232	234	236	238	240
25	43	43	44	44	45	46	55	241	243	245	247	249	251
26	46	47	48	48	49	49	56	252	254	256	258	260	262
27	50	51	51	52	53	53	57	263	266	268	270	272	274
28	54	55	55	56	57	58	58	276	278	280	282	284	286
29	58	59	60	60	61	62	59	288	290	292	294	297	299

Zusatztafel zu 8 C. Stundenwinkel (für Sonne in kleineren Stundenwinkeln, s. S. 64).

 $t = 2^h 19^m$

bis

 $t = 3^h 18^m$

Zahl	t	Zahl	t	Zahl	t	Zahl	t	Zahl	t	Zahl	t
250	2 ^h 19 ^m	300	2 ^h 27 ^m	350	2 ^h 36 ^m	400	2 ^h 46 ^m	450	2 ^h 56 ^m	500	3 ^h 7 ^m
5	20	5	28	5	37	5	47	5	57	5	9
260	2 20	310	2 29	360	2 38	410	2 48	460	2 59	510	3 10
5	21	5	30	5	39	5	49	5	59	5	11
270	2 22	320	2 31	370	2 40	420	2 50	470	3 0	520	3 12
5	23	5	32	5	41	5	51	5	2	5	13
280	2 24	330	2 33	380	2 42	430	2 52	480	3 3	530	3 14
5	25	5	34	5	43	5	53	5	4	5	16
290	2 ^h 26 ^m	340	2 ^h 35 ^m	390	2 ^h 44 ^m	440	2 ^h 54 ^m	490	3 ^h 5 ^m	540	3 ^h 17 ^m
5	26	5	35	5	45	5	55	5	6	5	18

8 C. Stundenwinkel.

 $t = 3^h 19^m$

bis

 $t = 7^h 36^m$

Zahl	t	Zahl	t	Zahl	t	Zahl	t	Zahl	t	Zahl	t
550	3 ^h 19 ^m	650	3 ^h 46 ^m	750	4 ^h 16 ^m	850	4 ^h 52 ^m	950	5 ^h 35 ^m	050	6 ^h 28 ^m
2	20	2	46	2	17	2	53	2	36	2	29
4	20	4	47	4	18	4	54	4	37	4	30
6	21	6	47	6	18	6	54	6	38	6	32
8	21	8	48	8	19	8	55	8	39	8	33
560	3 22	660	3 48	760	4 20	860	4 56	960	5 40	060	6 34
2	22	2	49	2	20	2	57	2	41	2	35
4	23	4	50	4	21	4	58	4	42	4	37
6	23	6	50	6	22	6	58	6	43	6	38
8	24	8	51	8	22	8	59	8	44	8	39
570	3 24	670	3 51	770	4 23	870	5 0	970	5 45	070	6 40
2	25	2	52	2	24	2	1	2	46	2	42
4	25	4	52	4	24	4	2	4	47	4	43
6	26	6	53	6	25	6	2	6	48	6	44
8	26	8	54	8	26	8	3	8	49	8	45
580	3 27	680	3 54	780	4 26	880	5 4	980	5 50	080	6 47
2	27	2	55	2	27	2	5	2	51	2	48
4	28	4	55	4	28	4	6	4	52	4	49
6	28	6	56	6	28	6	7	6	53	6	51
8	29	8	57	8	29	8	7	8	54	8	52
590	3 29	690	3 57	790	4 30	890	5 8	990	5 55	090	6 53
2	30	2	58	2	31	2	9	2	56	2	55
4	30	4	58	4	31	4	10	4	57	4	56
6	31	6	59	6	32	6	11	6	58	6	58
8	31	8	40	8	33	8	12	8	59	8	59
600	3 32	700	4 0	800	4 33	900	5 13	000	6 0	100	7 0
2	32	2	1	2	34	2	13	2	1	2	1
4	33	4	1	4	35	4	14	4	2	4	3
6	34	6	2	6	36	6	15	6	3	6	4
8	34	8	3	8	36	8	16	8	4	8	6
610	3 35	710	4 3	810	4 37	910	5 17	010	6 5	110	7 7
2	35	2	4	2	38	2	18	2	6	2	8
4	36	4	5	4	38	4	19	4	7	4	10
6	36	6	5	6	39	6	20	6	9	6	11
8	37	8	6	8	40	8	20	8	10	8	13
620	3 37	720	4 6	820	4 41	920	5 21	020	6 11	120	7 14
2	38	2	7	2	41	2	22	2	12	2	16
4	38	4	8	4	42	4	23	4	13	4	17
6	39	6	8	6	43	6	24	6	14	6	19
8	39	8	9	8	44	8	25	8	15	8	20
630	3 40	730	4 10	830	4 44	930	5 26	030	6 16	130	7 22
2	41	2	10	2	45	2	27	2	18	2	23
4	41	4	11	4	46	4	28	4	19	4	25
6	42	6	12	6	47	6	28	6	20	6	26
8	42	8	12	8	47	8	29	8	21	8	28
640	3 ^h 43 ^m	740	4 ^h 13 ^m	840	4 ^h 48 ^m	940	5 ^h 30 ^m	040	6 ^h 22 ^m	140	7 ^h 29 ^m
2	43	2	14	2	49	2	31	2	23	2	31
4	44	4	14	4	50	4	32	4	24	4	33
6	44	6	15	6	51	6	33	6	26	6	34
8	45	8	15	8	51	8	34	8	27	8	36

9. Merkatorfunktionen.

Winkel ↗	0'		10'		20'		30'		40'		50'		60'		Winkel ↖
	f	cof	f	cof	f	cof	f	cof	f	cof	f	cof	f	cof	
0°	0	∞	10 22459		20 20076		30 18682		40 17694		50 16926		60 16206		89°
1	60 16300		70 15770		80 15310		90 14906		100 14543		110 14216		120 13916		88
2	120 13916		130 13641		140 13386		150 13149		160 12927		170 12719		180 12522		87
3	180 12522		190 12336		200 12160		210 11992		220 11832		230 11679		240 11532		86
4	240 11532		250 11392		260 11257		270 11127		280 11002		290 10881		300 10765		85
5	300 10765		310 10652		320 10542		330 10436		341 10334		351 10234		361 10137		84
6	361 10137		371 10042		381 9951		391 9861		401 9774		411 9689		421 9606		83
7	421 9606		431 9525		441 9440		451 9368		461 9292		471 9218		482 9146		82
8	482 9146		492 9074		502 9005		512 8936		522 8869		532 8804		542 8739		81
9	542 8739		552 8676		562 8614		573 8552		583 8492		593 8433		603 8375		80
10	603 8375		613 8318		623 8262		634 8207		644 8152		654 8098		664 8046		79
11	664 8046		674 7994		684 7942		695 7892		705 7842		715 7793		725 7745		78
12	725 7745		735 7697		746 7650		756 7603		766 7557		776 7512		787 7467		77
13	787 7467		797 7423		807 7379		818 7336		828 7294		838 7252		848 7210		76
14	848 7210		859 7169		869 7128		879 7088		890 7048		900 7009		910 6970		75
15	910 6970		921 6932		931 6894		942 6856		952 6819		962 6782		973 6746		74
16	973 6746		983 6710		993 6674		1004 6638		1014 6604		1025 6569		1035 6534		73
17	1035 6534		1046 6500		1056 6467		1067 6433		1077 6400		1088 6367		1098 6335		72
18	1098 6335		1109 6303		1119 6271		1130 6239		1140 6208		1151 6177		1161 6146		71
19	1161 6146		1172 6115		1183 6085		1193 6055		1204 6025		1214 5995		1225 5966		70
20	1225 5966		1236 5937		1246 5908		1257 5879		1268 5851		1278 5823		1289 5795		69
21	1289 5795		1300 5767		1311 5739		1321 5712		1332 5685		1343 5658		1354 5631		68
22	1354 5631		1364 5604		1375 5578		1386 5552		1397 5526		1408 5500		1419 5474		67
23	1419 5474		1429 5446		1440 5423		1451 5398		1462 5373		1473 5348		1484 5324		66
24	1484 5324		1495 5299		1506 5275		1517 5250		1528 5226		1539 5201		1550 5176		65
25	1550 5176		1561 5153		1572 5132		1583 5108		1594 5085		1605 5062		1616 5039		64
26	1616 5039		1628 5017		1639 4994		1650 4972		1661 4949		1672 4927		1683 4905		63
27	1683 4905		1695 4883		1706 4861		1717 4839		1728 4818		1740 4796		1751 4775		62
28	1751 4775		1762 4754		1774 4733		1785 4712		1797 4691		1808 4670		1819 4649		61
29	1819 4649		1831 4629		1842 4608		1854 4588		1865 4568		1877 4547		1888 4527		60
30	1888 4527		1900 4507		1911 4488		1923 4468		1935 4448		1946 4429		1958 4409		59
31	1958 4409		1970 4390		1981 4370		1993 4351		2005 4332		2017 4313		2028 4294		58
32	2028 4294		2040 4276		2052 4257		2064 4238		2076 4220		2088 4201		2099 4183		57
33	2099 4183		2111 4164		2123 4146		2135 4128		2147 4110		2159 4092		2171 4074		56
34	2171 4074		2184 4056		2196 4038		2208 4021		2220 4003		2232 3985		2244 3968		55
35	2244 3968		2256 3951		2269 3933		2281 3916		2293 3899		2306 3882		2318 3865		54
36	2318 3865		2330 3848		2343 3831		2355 3814		2368 3797		2380 3780		2393 3764		53
37	2393 3764		2405 3747		2418 3731		2430 3714		2443 3698		2456 3682		2468 3665		52
38	2468 3665		2481 3649		2494 3633		2506 3617		2519 3601		2532 3585		2545 3569		51
39	2545 3569		2558 3553		2571 3537		2584 3521		2597 3506		2610 3490		2623 3474		50
40	2623 3474		2636 3459		2649 3444		2662 3428		2675 3413		2688 3397		2702 3382		49
41	2702 3382		2715 3367		2728 3352		2741 3337		2755 3322		2768 3306		2782 3292		48
42	2782 3292		2795 3277		2809 3262		2822 3247		2836 3232		2849 3217		2863 3203		47
43	2863 3203		2877 3188		2890 3174		2904 3159		2918 3144		2932 3130		2946 3116		46
44°	2946 3116		2960 3101		2974 3087		2988 3073		3002 3058		3016 3044		3030 3030		45°
	cof	f	cof	f	cof	f	cof	f	cof	f	cof	f	cof	f	
	60'		50'		40'		30'		20'		10'		0'		

Spezialtafel für Grenzwinkel 0° bis 2° und 88° bis 90° .

0° bis 2°				88° bis 90°			
α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$
0	0.0000	1.0000	0.0000	88	0.9998	0.0174	57.29
1	0.0174	0.9998	0.0174	89	0.9998	0.0174	57.29
2	0.0349	0.9994	0.0349	90	1.0000	0.0000	∞
3	0.0523	0.9986	0.0523				
4	0.0698	0.9963	0.0698				
5	0.0872	0.9934	0.0872				
6	0.1045	0.9898	0.1045				
7	0.1218	0.9857	0.1218				
8	0.1390	0.9811	0.1390				
9	0.1562	0.9760	0.1562				
10	0.1735	0.9704	0.1735				
11	0.1907	0.9644	0.1907				
12	0.2079	0.9579	0.2079				
13	0.2250	0.9510	0.2250				
14	0.2422	0.9436	0.2422				
15	0.2593	0.9357	0.2593				
16	0.2763	0.9273	0.2763				
17	0.2933	0.9184	0.2933				
18	0.3103	0.9090	0.3103				
19	0.3272	0.8991	0.3272				
20	0.3441	0.8888	0.3441				
21	0.3609	0.8780	0.3609				
22	0.3776	0.8668	0.3776				
23	0.3943	0.8551	0.3943				
24	0.4109	0.8430	0.4109				
25	0.4274	0.8304	0.4274				
26	0.4438	0.8174	0.4438				
27	0.4601	0.8039	0.4601				
28	0.4763	0.7900	0.4763				
29	0.4924	0.7756	0.4924				
30	0.5084	0.7608	0.5084				
31	0.5243	0.7456	0.5243				
32	0.5401	0.7300	0.5401				
33	0.5558	0.7140	0.5558				
34	0.5714	0.6976	0.5714				
35	0.5869	0.6808	0.5869				
36	0.6023	0.6636	0.6023				
37	0.6176	0.6460	0.6176				
38	0.6328	0.6280	0.6328				
39	0.6479	0.6096	0.6479				
40	0.6629	0.5908	0.6629				
41	0.6778	0.5716	0.6778				
42	0.6926	0.5520	0.6926				
43	0.7073	0.5320	0.7073				
44	0.7219	0.5116	0.7219				
45	0.7364	0.4908	0.7364				
46	0.7508	0.4696	0.7508				
47	0.7651	0.4480	0.7651				
48	0.7793	0.4260	0.7793				
49	0.7934	0.4036	0.7934				
50	0.8074	0.3808	0.8074				
51	0.8213	0.3576	0.8213				
52	0.8351	0.3340	0.8351				
53	0.8488	0.3100	0.8488				
54	0.8624	0.2856	0.8624				
55	0.8759	0.2608	0.8759				
56	0.8893	0.2356	0.8893				
57	0.9026	0.2100	0.9026				
58	0.9158	0.1840	0.9158				
59	0.9289	0.1576	0.9289				
60	0.9419	0.1308	0.9419				
61	0.9548	0.1036	0.9548				
62	0.9676	0.0760	0.9676				
63	0.9803	0.0480	0.9803				
64	0.9929	0.0200	0.9929				
65	1.0054	0.0000	1.0054				
66	1.0178	-0.0200	1.0178				
67	1.0301	-0.0400	1.0301				
68	1.0423	-0.0600	1.0423				
69	1.0544	-0.0800	1.0544				
70	1.0664	-0.1000	1.0664				
71	1.0783	-0.1200	1.0783				
72	1.0901	-0.1400	1.0901				
73	1.1018	-0.1600	1.1018				
74	1.1134	-0.1800	1.1134				
75	1.1249	-0.2000	1.1249				
76	1.1363	-0.2200	1.1363				
77	1.1476	-0.2400	1.1476				
78	1.1588	-0.2600	1.1588				
79	1.1699	-0.2800	1.1699				
80	1.1809	-0.3000	1.1809				
81	1.1918	-0.3200	1.1918				
82	1.2026	-0.3400	1.2026				
83	1.2133	-0.3600	1.2133				
84	1.2239	-0.3800	1.2239				
85	1.2344	-0.4000	1.2344				
86	1.2448	-0.4200	1.2448				
87	1.2551	-0.4400	1.2551				
88	1.2653	-0.4600	1.2653				
89	1.2755	-0.4800	1.2755				
90	1.2856	-0.5000	1.2856				

10. Helle Fixsterne mit genährten Positionen 1910 und Kulminationsdaten in M. Zt.

Name	Gr.	α	δ	kulminiert		
				8 ^h Abds.	Mitternacht	4 ^h Morgens
1. α Andromedae (Sirrah)	2.1	0 ^h 3 ^m 44 ^s	+ 28 36'	23. XI.	23. IX.	24. VII.
2. α Arietis	2.2	2 2 6	+ 23 2	23. XII.	23. X.	23. VIII.
3. α Persei	1.9	3 17 54	+ 49 32	11. I.	11. XI.	11. IX.
4. α Tauri (Aldebaran)	1.1	4 39 45	+ 16 29	29. I.	29. XI.	30. IX.
5. α Aurigae (Capella)	>1	5 10 2	+ 45 54	8. II.	9. XII.	9. X.
6. β Orionis (Rigel)	>1	5 10 4	+ 8 18	8. II.	9. XII.	9. X.
7. α Orionis (Beteigeuze)	1.2	5 50 18	+ 7 23	18. II.	20. XII.	20. X.
8. α Canis maj. (Sirius)	>1	6 41 10	+ 16 36	3. III.	1. I.	2. XI.
9. α Geminorum (Castor)	2.0	7 28 52	+ 32 5	13. III.	13. I.	14. XI.
10. α Canis min. (Procyon)	>1	7 34 35	+ 5 27	17. III.	15. I.	15. XI.
11. β Geminorum (Pollux)	1.2	7 39 49	+ 28 15	18. III.	16. I.	16. XI.
12. α Hydrae (Alphard)	2.2	9 23 10	+ 8 16	13. IV.	11. II.	13. XII.
13. α Leonis (Regulus)	1.3	10 3 35	+ 12 24	23. IV.	22. II.	23. XII.
14. α Ursae maj. (Dubhe)	1.9	10 58 12	+ 62 14	7. X.	7. III.	5. I.
15. β Leonis (Denebola)	2.2	11 44 28	+ 15 4	19. V.	19. III.	17. I.
16. ϵ Ursae maj.	1.8	12 50 4	+ 56 27			
17. α Virginis (Spica)	1.2	13 29 27	+ 10 41	12. VI.	13. IV.	11. II.
18. α Bootis (Arcturus)	>1	14 11 33	+ 19 39	23. VI.	26. IV.	24. II.
19. α Coronae bor.	2.3	15 39 53	+ 27 1			
20. [α Scorpii (Antares)]	1.3	16 23 53	+ 26 14	29. VII.	29. V.	29. III.
21. α Ophiuchi	2.1	17 39 45	+ 12 37			
22. α Lyrae (Wega)	>1	18 33 53	+ 38 42	31. VIII.	1. VII.	1. V.
23. α Aquilae (Altair)	>1	19 46 23	+ 8 38	18. IX.	19. VII.	20. V.
24. α Cygni (Deneb)	1.3	20 38 22	+ 44 57	1. X.	2. VIII.	2. VI.
25. ϵ Pegasi	2.3	21 39 46	+ 9 28	17. X.	17. VIII.	17. VI.
26. [α Piscis austr. (Fomalht.)]	1.3	22 52 41	+ 30 6	3. XI.	3. IX.	6. VII.
27. α Pegasi	2.6	23 0 17	+ 14 43	6. XI.	7. IX.	8. VII.